

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»

Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве

**Материалы
Международной научно-технической конференции,
посвященной 70-летию со дня образования
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»**

(Минск, 18–20 октября 2017 г.)

Минск
«Беларуская навука»
2017

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(082)

ББК 40.7я43

НЗ4

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси *П. П. Казакевич*
(главный редактор), *Л. Ж. Кострома*

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси *П. П. Казакевич*,
д-р техн. наук, проф. *В. Н. Дашков*, д-р техн. наук, проф. *В. И. Передня*,
д-р техн. наук, проф. *Л. Я. Степук*, д-р техн. наук, проф. *И. Н. Шило*,
д-р техн. наук, доц., чл.-кор. НАН Беларуси *В. В. Азаренко*,
д-р техн. наук, доц. *И. И. Гируцкий*

Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве:
НЗ4 материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18–20 окт. 2017 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 316 с.

Сборник составлен из статей, содержащих материалы научных исследований, результаты опытно-конструкторских и технологических работ по разработке инновационных технологий и технических средств для их реализации при производстве продукции растениеводства и животноводства. Рассмотрены вопросы технического сервиса машин и оборудования, электрификации и автоматизации, использования топливно-энергетических ресурсов, разработки и применения энергосберегающих технологий, информационно-управляющих систем.

Материалы сборника могут быть использованы сотрудниками НИИ, КБ, специалистами хозяйств, студентами вузов и колледжей аграрного профиля.

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(082)

ББК 40.7я43

© РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2017

© Оформление. РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2017

С. Г. Яковчик, к. с-х. н., доц., **Н. Г. Бакач**, к. т. н., доц.,
Ю. Л. Салапура, к. т. н., доц., **Э. В. Дыба**, к. т. н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromech@tut. by*

СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В статье рассмотрены основные направления научно-технического прогресса в области механизации сельского хозяйства. Представлены результаты инновационных разработок в области механизации сельского хозяйства Республики Беларусь на современном этапе.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, продовольственная безопасность государства, технология, производство, экспорт, машины, оборудование, механизация, обработка, урожайность, потребность, затраты, кормопроизводство.

S. G. Yakovchik, M. G. Bakach, Y. L. Salapura, E. V. Dyba

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromech@tut. by*

CREATION OF INNOVATIVE AGRICULTURAL MACHINERY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The main directions of scientific and technical progress in the field of agriculture mechanization are presented in the article. Results on development of scientific innovations in the field of agriculture mechanization of the Republic of Belarus at the present stage are presented.

Keywords: agro-industrial complex, state food security, technology, production, export, machines, equipment, mechanization, processing, yield, requirement, costs, forage production.

Агропромышленный комплекс Республики Беларусь является основой развития национальной экономики, обеспечения продовольственной безопасности страны. В последние годы он неуклонно развивается, в результате чего обеспечена устойчивая продовольственная безопасность государства, наращивается экспорт продукции на зарубежные рынки [1]. Вместе с тем существует ряд вопросов по повышению эффективности сельскохозяйственного производства, увеличению уровня рентабельности (5–6 процентов) и производительности труда. Имеющийся технологический разрыв в сравнении с экономически развитыми странами оценивается специалистами в 15–20 лет. Организации используют материалоемкие и ресурсоемкие технологии, что влечет за собой удорожание продукции и снижение ее конкурентоспособности.

Основной задачей технологического развития сельского хозяйства является создание конкурентоспособного, устойчивого и экологически безопасного производства сельскохозяйственной продукции, обеспечивающего внутренние потребности страны и высокий экспортный потенциал.

Решение этой задачи в перспективе связано с внедрением в сельскохозяйственное производство прорывных инновационных технологий и новейших научных разработок, призванных вывести сельскохозяйственные организации на качественно новый уровень.

Производство машин и оборудования является наиболее значимым сектором, обеспечивающим технологическое развитие экономики республики и агропромышленный комплекс страны средствами производства на основе высокоточных автоматизированных информационных технологий, базирующихся на использовании высокопроизводительных средств механизации с широким применением робототехнических устройств, приборов и микропроцессорных систем для управления работой машин и агрегатов, а также с переходом от механических на гидрофицированные и электрифицированные приводы и электрогидравлические средства управления ими [2, 3, 4].

Обновление и оптимизация машинно-тракторного парка в Республике Беларусь осуществляется на фоне неблагоприятных тенденций в обеспеченности сельхозтоваропроизводителей сельскохозяйственной техникой, которые характеризуются значительным (в 2...3 раза) превышением доли списываемой техники над обновляемой. Положение усугубляется тем, что более 50 процентов машинно-тракторного парка и оборудования для ферм выработало свой срок службы и требует повышенных затрат на поддержание его в работоспособном состоянии. Из-за нарушений технологии возделывания сельскохозяйственных культур и обслуживания животных растет себестоимость, следовательно, снижается рентабельность производства.

В соответствии с существующими, а также внедряемыми перспективными ресурсосберегающими технологиями возделывания сельскохозяйственных культур основную часть подвижной техники составляют тракторы и самоходные сельскохозяйственные машины, парк которых с каждым годом сокращается.

По состоянию на 1 января 2017 года в организациях агропромышленного комплекса республики эксплуатируется около 41,5 тыс. тракторов различной мощности, из них 6,9 тыс. тракторов мощностью 250 л. с. и более, 9,9 тыс. зерноуборочных и 4,2 тыс. кормоуборочных комбайнов, 3,3 тыс. комбинированных почвообрабатывающих и 4,0 тыс. почвообрабатывающих посевных агрегатов, а также другая сложная сельскохозяйственная техника. Обеспеченность хозяйств техникой с учетом ее изношенности на сегодняшний день составляет в среднем порядка 75 %, а по некоторым позициям не превышает 50 % от научно обоснованной [5, с. 5–10].

В последнее время уделено значительное внимание развитию «интеллектуального», или «точного», сельского хозяйства, которое основано на применении автоматизированных систем принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации производства. Все это предполагает минимизацию использования внешних ресурсов (топлива, удобрений и агрохимикатов) при максимальном задействовании локальных факторов производства (возобновляемых источников энергии, биотоплив, органических удобрений и т. д.).

Одним из основных видов сельскохозяйственной продукции, производимых в Республике Беларусь, является зерно. В структуре посевных площадей около 86 % посевной площади занимают зерновые, зернобобовые и кормовые сельскохозяйственные культуры, технические – 7 %, картофель и овощи – 6 % [6].

При этом удельные затраты труда на производство зерна в республике составляют не менее 4,8 чел.-ч/т, картофеля – 10,3 чел.-ч/т, сахарной свеклы – 1,3 чел.-ч/т, сена – 5,03 и сенажа – 0,42 чел.-ч/т, кукурузы на силос – 0,65 чел.-ч/т, овощей открытого грунта – 19,2 чел.-ч/т. Затраты энергоресурсов и условного топлива на производство зерна составляют соответственно 10,6 кВт·ч/т и 14,0 кг у. т./т, картофеля – 6,8 кВт·ч/т и 9,6 кг у. т./т, сахарной свеклы – 0,12 кВт·ч/т и 2,0 кг у. т./т, сена – 0,21 кВт·ч/т и 1,3 кг у. т./т, сенажа – 0,20 кВт·ч/т и 1,3 кг у. т./т, кукурузы на силос – 0,16 кВт·ч/т и 1,9 кг у. т./т, овощей открытого грунта – 11,3 кВт·ч/т и 10,3 кг у. т./т, что в 1,3...1,5 раза выше, чем в европейских странах [6].

Потребность Республики Беларусь в зерновых сельскохозяйственных растениях для обеспечения продовольственных нужд (хлебопечение, производство спирта и пивоварение) составляет 1,6 млн тонн, семенной фонд с учетом страхового фонда – 0,8 млн тонн, потребность общественного животноводства (для производства 9,2 млн тонн молока и 1,8 млн тонн мяса скота и птицы) – 7,6 млн тонн.

Площадь сельскохозяйственных угодий республики составляет более 8,5 млн гектаров (42 % земельного фонда страны), из них пашня – 5,6 млн гектаров, 68,6 % которых расположены на

легких супесчаных и песчаных почвах, имеющих при этом постоянный дефицит влаги (600...700 м³/га) и подверженных ветровой эрозии. Кроме того, 29,8 % площади пахотных земель расположено на склонах, где широко распространена водная эрозия. Особую группу почв (70,4 тыс. га) составляют тяжелые по гранулометрическому составу почвы, содержащие 25 % и более физической глины (частицы размером менее 0,1 мм) и характеризующиеся неудовлетворительными водно-физическими свойствами. Почвы республики в большинстве своем относятся к невысокоплодородным [6].

Механизация обработки почвы и посева. Важнейшими агротехническими приемами земледелия, обеспечивающими создание оптимальных условий произрастания и дальнейшего развития растений, являются обработка почвы и посев.

Наукой и практикой установлено, что для идеального роста растений почва посевного слоя должна содержать примерно 45 % минеральных веществ, 5 % органических веществ и 50 % пористого пространства, заполненного равным количеством (по 25 %) воды и воздуха. Нарушение этого состояния ведет к недобору урожая. Так, снижение воздушной составляющей в результате переуплотнения почвы ходовыми системами, наличие плужной подошвы и т. д. приводит к недобору до 10...20 % урожая. В свою очередь, излишнее разрыхление почвы, особенно легкой по механическому составу, ускоряет процессы испарения влаги и снижает капиллярный подъем ее к корневой системе растений, в результате дефицита влаги урожай снижается до 10...12 %.

Поэтому приемы обработки почвы и посева являются наиболее ответственными в системе земледелия. Исходя из почвенного состава земель республики, уделяется большое внимание созданию специальной техники для выполнения указанных технологических приемов. В республике разработана и освоена в производстве практически вся необходимая техника для традиционной технологии обработки почвы, более 20 наименований техники, включая 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10- и 12-корпусные оборотные плуги, различные культиваторы шириной захвата 3, 4, 6 и 9 метров, комбинированные почвообрабатывающие агрегаты с пассивными и с активными (роторными) рабочими органами для обработки различных типов почв, обеспечивающие повышение качества обработки почвы и урожайности возделываемых культур на 15...20 % при снижении затрат труда, топлива и себестоимости механизированных работ на 30...35 %. Однако при этом расходуется 30...40 % энергетических и 25 % трудовых затрат от общего количества затрат на возделывание сельскохозяйственных культур.

Поэтому дальнейший рост производства и снижение себестоимости растениеводческой продукции невозможны без совершенствования существующих технологий обработки почвы и посева, в основу чего должны быть положены:

- минимизация обработки за счет снижения механического воздействия на почву путем смещения операций и уменьшения глубины обработки до оптимальных пределов;
- создание универсальных многофункциональных широкозахватных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов, что позволит сократить в 2...3 раза технологический парк техники в хозяйствах;
- применение универсальных почвообрабатывающих и посевных агрегатов нового поколения, блочно-модульных многоцелевых семейств сеялок высокого технического уровня со сменными блоками рабочих органов и автоматизированными дозирующими системами для различных зональных почвенно-климатических и агроландшафтных условий;
- разработка мехатронных систем для производственных процессов обработки почвы и посева.

Механизация применения удобрений и химических средств защиты растений. Для получения плановых урожаев необходимо своевременно и качественно вносить ежегодно более 50 млн тонн органических удобрений, около 2 млн тонн действующего вещества минеральных удобрений, или около 4 млн тонн физического веса, вносить не менее 2 млн тонн известковых материалов, применять около 14 тыс. тонн пестицидов.

Это самый эффективный ресурс, рациональное использование которого позволяет обеспечивать высокие результаты в отрасли растениеводства. В настоящее время разработана отечественная система прогрессивных импортозамещающих и экспортоориентированных комплексов ма-

шин для эффективного применения твердых и жидких минеральных, органических удобрений, известковых материалов и пестицидов. Однако на практике потенциальные возможности перечисленных выше средств химизации пока используются недостаточно эффективно. Чтобы повысить эффективность использования удобрений и химических средств защиты растений, требуется дальнейшее проведение исследований в области применения:

- машин для внесения минеральных удобрений и подкормки сельскохозяйственных культур с автоматическим управлением дозирующих и распределяющих рабочих органов с непрерывным контролем расхода применяемых удобрений;

- высокотехнологичных штанговых опрыскивателей для химической защиты растений и борьбы с вредителями с шириной захвата до 30 метров и более;

- малообъемных протравителей с автоматизированной системой контроля и управления рабочей жидкостью для протравливания семян различных сельскохозяйственных культур.

Механизация процессов уборки и доработки зерна и семян. В 2016 году в хозяйствах всех категорий республики собрано 7,5 млн тонн зерновых и зернобобовых культур [6]. Индикатором развития зернового подкомплекса, предусмотренного Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, является достижение к 2020 году производства зерна в объеме не менее 10 млн тонн при урожайности зерновых не менее 41 центнера с гектара [7].

Для обеспечения своевременной и качественной уборки зерновых культур требуется в ближайшей перспективе провести исследования по разработке и созданию:

- высокопроизводительной зерноуборочной техники повышенной пропускной способности, 16–18 кг/с и 20–24 кг/с, и высокой технической надежности, оснащенной: гибридной системой обмолота (тангенциальный молотильный аппарат и аксиальное сепарирующее устройство), многобаранным тангенциальным молотильным аппаратом с классическим клавишным соломотрясом, системой очистки зерна с 3D-позиционированием, автоматическим регулированием скорости комбайна в зависимости от состояния убираемой хлебной массы;

- необходимой номенклатуры специальных транспортных средств на базе грузовых автомобилей различной грузоподъемности и мощности, включая накопители-перегрузчики зерна.

Для доработки зерна и семян в республике имеется порядка 3 тысяч зерноочистительно-сушильных комплексов и порядка 7,8 тысячи зерноочистительных машин. При этом затраты на семена составляют до 25 % от общих затрат на производство зерна [6].

Переоснащение семеноводческой отрасли современной техникой позволит значительно повысить качество производства семян и повысить урожайность до 30 % с одновременным сокращением объема семенного фонда до 23 %. Для обеспечения данных показателей требуется:

- модернизация существующего парка механизированных зернотоков с целью снижения эксплуатационных издержек – повышения энергоэкономичности, уровня автоматизации технологического процесса, снижения потерь и повышения качества продукции;

- применение машин, обеспечивающих поточную технологию обработки продовольственного и семенного зерна с выделением фуражной фракции на этапе предварительной очистки с последующей ее обработкой на специализированных линиях.

Механизация заготовки кормов из трав и силосных культур. Основным индикатором кормопроизводства на 2016–2020 годы является увеличение к концу 2020 года площади посевов многолетних трав до 1 млн гектаров, из которых доля бобовых и бобово-злаковых трав должна составлять до 90 %, чтобы обеспечить поголовье крупного рогатого скота высокоэнергетическими сбалансированными кормами путем производства ежегодно не менее 45...50 центнеров кормовых единиц на условную голову, из них травяных кормов – не менее 30...35 центнеров, включая заготовку кормов на зимне-стойловый период в объеме не менее 25 центнеров кормовых единиц на условную голову с энергетической питательностью не менее 10 МДж на один килограмм сухого вещества и содержанием сырого протеина до 150 граммов на одну кормовую единицу; заготовка сенажа в полимерную пленку ежегодно должна находиться на уровне не менее 15 % от общего объема заготовки [7].

На ближайшую перспективу в структуре кормового баланса останутся традиционные виды кормов, заготавливаемых из трав и силосных культур, – сено полевой сушки, сенаж, травяной и кукурузный силос, кроме того, на кормовые и технологические нужды животноводства будет использоваться и солома. Применяемые в хозяйствах технологии заготовки кормов отмечаются как зависимые от погодных условий, вследствие чего заготавливаемые корма при плохих погодных условиях не отличаются высоким качеством. Почти 50 % кормов нельзя отнести к первому классу. Свое влияние на качество кормов оказывает и техническое оснащение отрасли.

Материально-техническая база кормопроизводства характеризуется наличием кормоуборочных машин отечественного и зарубежного производства. Обеспеченность техникой находится на уровне 80–85 % от технологической потребности.

Технологическая потребность хозяйств республики в косилках всех типов составляет 6200 шт., имеется исправных 5650 косилок, при этом 60 % парка составляют косилки шириной захвата от 2,7 до 6,0 м [6]. Применяемые косилки отечественного производства уступают зарубежным по показателям надежности, материалоемкости, энергоемкости выполнения процесса скашивания. В ближайшие годы предусматривается выполнение НИОК(Т)Р по созданию высокопроизводительных косилок нового поколения шириной захвата 3,1; 6; 9; 12 метров, обеспечивающих ускорение темпов скашивания трав не менее чем в два раза, которые будут оснащаться унифицированным режущим брусом шириной захвата 3,1 метра, а также универсальным плющильным аппаратом для обработки бобовых и злаковых трав, что позволит снизить затраты и обеспечить скашивание трав в агротехнические сроки с минимальными потерями питательных веществ.

В парке машин для ворошения и сгребания трав имеется свыше 4,5 тысячи тракторных граблей-валкователей и граблей-ворошилок, из них 880 – импортных. Недостаточное оснащение хозяйств этими машинами сдерживает темпы кормоуборочных работ. Сроки уборки растягиваются свыше 15 дней. Намечается создание широкозахватных колесно-пальцевых граблей-валкователей шириной захвата 10,0 и 15,0 м, а также ворошителей валков, ворошителей-оборачивателей трав однорядных и двухрядных для работы на полях с низкой несущей способностью.

Для подбора и прессования сена и соломы насчитывается 5,5 тысячи штук пресс-подборщиков. Вместе с тем для повышения качества и снижения потерь кормов необходимо создание рулонного пресс-подборщика с переменной камерой прессования. Кроме того, в плане повышения эффективности технологии заготовки кормов в запрессованном виде намечено создание унифицированного оборудования для внесения консервантов в процессе прессования кормов, а также накопителей рулонов и тюков к пресс-подборщикам, применение которых позволит ускорить уборку с полей рулонов и тюков, а также снизить расход топлива на этой операции.

В республике налажено производство специальных машин для выполнения подбора, транспортирования и скирдования кормов, запрессованных в тюки или рулоны. Однако они имеют низкую производительность и непригодны для работы с рулонами, упакованными в пленку. Намечено создание высокопроизводительных подборщиков тюков и рулонов нового поколения по типу HEATH SUPER CHASER QH, обеспечивающих ускорение уборочного процесса более чем в 2,5 раза.

Эффективное использование высокопроизводительных кормоуборочных комбайнов возможно при наличии соответствующего шлейфа транспортных средств (прицепов-емкостей) для отвозки кормовой массы к месту хранения. Имеющиеся прицепы-емкости с объемом кузовов от 12,5 м³ до 20 м³ неэффективны, поэтому будут продолжены работы по созданию большегрузных грузоподъемностью 20 и 25 тонн тракторных полуприцепов на унифицированных шасси для перевозки сельскохозяйственных грузов, включая силосную и сенажную массу.

Требуются исследования по использованию технологии упаковки кормов в полимерные материалы. Применение данной технологии и разработка комплексов машин позволят заготавливать корма 1 класса с минимальными потерями – на уровне 6 %.

Механизация производства картофеля и овощей. В 2011–2015 годах производство картофеля в общественном секторе увеличено на 44 %, овощей – на 27 %, расширен ассортимент выращиваемых овощей, емкости картофелехранилищ увеличены на 456,1 тыс. тонн, овощехранилищ – на 26 тыс. тонн [6]. Ежегодные объемы производства картофеля и основных видов овощной про-

дукции позволяют обеспечивать потребности внутреннего рынка страны и увеличивать объемы поставок на экспорт. В 2016–2020 годах индикаторами развития овощеводства и картофелеводства Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы являются: производство к концу 2020 года картофеля в объеме 5,6 млн тонн в хозяйствах всех категорий, из них в общественном секторе – 1,6 млн тонн (площадь посадки – 54 тыс. гектаров при средней урожайности 291 центнер с гектара); производство к концу 2020 года овощей в объеме 1,6 млн тонн в хозяйствах всех категорий, из них в общественном секторе – 0,6 млн тонн (площадь сева овощей в открытом грунте – 17 тыс. гектаров при средней урожайности 245 центнеров с гектара); концентрация производства в организациях, осуществляющих деятельность по производству картофеля и овощей, до 80 % от общего объема производства в общественном секторе [7].

Концентрация посевов картофеля в крупнотоварных хозяйствах с объемом производства картофеля 50 % от республиканской потребности в продовольственном картофеле обуславливает необходимость разработки высокопроизводительной техники для его возделывания. В связи с этим стоит задача провести исследования по разработке шести-, восьмирядных культиваторов и сажалок, четырехрядных картофелеуборочных комбайнов, техники для послеуборочной доработки картофеля производительностью от 80 до 200 *т/ч*, а также современных машин по сортировке и переработке картофеля с внедрением контейнерного способа его хранения и машин для защитно-стимулирующей обработки семенного картофеля, оборудования для регулирования микроклимата и предреализационной обработки картофеля и комплекса машин для производства овощей, комбинированных агрегатов и уборочных машин.

Механизация производства плодово-ягодной продукции. В соответствии с нормами рационального питания и условиями продовольственной безопасности каждый человек должен потреблять в год 98,6 кг плодов и ягод, без учета цитрусовых. В настоящее время потребление плодов и ягод на душу населения составляет в республике около 60 кг (среднее за 5 лет). При этом общее потребление плодово-ягодной продукции в год на одного человека в США – 127 кг, Франции – 135 кг, Германии – 126 кг, Италии – 187 кг.

В настоящее время во всех хозяйствах Беларуси имеется 104,5 тыс. гектаров плодово-ягодных насаждений, из которых только 19 тыс. гектаров относятся к садам интенсивного типа, предназначенных для индустриального производства плодов и ягод, их хранения, промышленной переработки и формировании экспортного потенциала. Валовой сбор плодово-ягодных культур в стране составляет в среднем 563 тыс. тонн, однако эта продукция, как правило, невысокого качества, в связи с неудовлетворительным сортовым и возрастным составом садов [6].

Индикатором развития плодово-ягодной продукции на 2016–2020 годы является производство ее к концу 2020 года в объеме 510 тыс. тонн в хозяйствах всех категорий, из них в общественном секторе – 160 тыс. тонн (площадь насаждений – 19,8 тыс. гектаров при средней урожайности 81 центнер с гектара) и увеличение промышленных садов на 2,5 тыс. гектаров (500 гектаров в год) [7].

В настоящее время степень механизации работ в садоводстве по трудозатратам находится в широком диапазоне: от 10–15 % на уборке плодов до 70 % при возделывании смородины с использованием ягодоуборочного комбайна. Низкий уровень механизации негативным образом сказывается на агротехнических сроках выполнения технологических операций по уходу за садами и уборке урожая, качестве производимой продукции и ее стоимости. Очевидно, что без повышения уровня механизации производства плодов и ягод по всем направлениям (подготовка почвы, посадка сада, уход за насаждениями, уборка урожая, послеуборочная обработка и хранение) невозможны получение высококачественной продукции в необходимых объемах и снижение себестоимости ее производства.

В связи с этим требуется разработка следующих машин:

- для механизированного сбора плодов косточковых культур и ягод и подбора яблок с земли;
- для ухода за ягодниками (машины для обработки почвы в междурядьях ягодников, вырезки побегов, срезания старых кустов, измельчения в почве корневой системы ягодников и др.);
- для химической защиты садов, обеспечивающих снижение пестицидной нагрузки на 80...90 % и повышение производительности труда за счет одновременной обработки 2 рядов;

– для технологических линий сортировки и фасовки плодов.

Разработка и внедрение в производство данных машин позволит повысить степень механизации процессов в плодоводстве до 70...80 %, снизить себестоимость возделываемых культур и повысить потребление плодов и ягод в стране до норм рационального питания.

Реализация предлагаемых направлений исследований как в растениеводстве, так и в животноводстве будет способствовать снижению удельных затрат труда до 30–35 %, до 20–25 % – потребления топливно-энергетических ресурсов, до 15–20 % – металла, до 15–20 % – потерь продукции в процессе ее производства и хранения, до 25–30 % – сокращению численности принимаемого в отрасли парка машин и оборудования.

Литература

1. Мясникович, М. В. Эволюционные трансформации экономики Беларуси / М. В. Мясникович. – Минск: Белорусская наука, 2016. – 321 с.
2. Яковчик, С. Г. Научные инновации в области механизации сельского хозяйства Республики Беларусь / С. Г. Яковчик, Н. Г. Бакач, Ю. Л. Салапура // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 окт. 2016 г.: в 2 т. / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), С. Н. Полицарчик. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – Т. 1. – С. 3–6.
3. Измайлов, А. Ю. Автоматизированные информационные технологии в производственных процессах растениеводства / А. Ю. Измайлов, В. К. Хорошенко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 4. – С. 3–9.
4. Рунов, Б. А. Применение робототехнических средств в АПК / Б. А. Рунов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 2. – С. 44–47.
5. Наличие сельскохозяйственной техники, машин, оборудования и энергетических мощностей в Республике Беларусь на 1 января 2017 года. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2017. – 56 с.
6. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2016. – 229 с.
7. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 11.03.2016 № 196. – Минск, 2016. – 96 с.

УДК 631:16:658:155:636

Поступил в редакцию 15.08.2017
Received 15.08.2017

Н. М. Морозов, д. э. н., проф., академик РАН

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства»
(ФГБНУ ВНИИМЖ), г. Москва, Российская Федерация
e-mail: vniimzh@mail.ru*

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ – ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

В статье рассмотрен комплекс вопросов, относящихся к проблеме ресурсосбережения и его влияния на повышение эффективности производства продукции животноводства:

- удельные затраты ресурсов на производство молока, привесы скота и свиней (кормов, рабочего времени, энергии);
- влияние ресурсоемкости продукции на экономические показатели производства (издержки производства, рентабельность);
- качество применяемых ресурсов и их влияние на показатели продуктивности животных;
- направления снижения ресурсоемкости производства на основе создания и применения инновационной техники, совершенствования способов содержания и кормления животных, организации труда и управления, повышения квалификации персонала.

Ключевые слова: ресурсы, виды ресурсов, технический прогресс, рентабельность производства, способы содержания животных, экономические показатели, эффективность.

RESOURCE – SAVING THROUGH INCREASED EFFICIENCY IN LIVESTOCK PRODUCTION

In the article the complex of questions related to the problem of resource saving and its impact on improving the efficiency of livestock production:

- the unit costs of resources in milk production, weight gain of cattle and pigs (feed, operation hours, energy);
- the influence of resource production on economic indicators of production (production costs, profitability);
- the quality of used resources and their impact on the productivity of animals;
- direction of reducing the intensity of production through the creation and application of innovative technology, improved methods of holding and feeding animals, work organization and management, staff development and training.

Keywords: resources, types of resources, technical progress, profitability of production, the ways of animals, economic indicators, efficiency.

Животноводство в валовой продукции сельского хозяйства в последние годы занимает 51–52 % и имеет устойчивую тенденцию к повышению – с 46–48 до 52–54 %, но продолжает оставаться существенно ниже дореформенного периода – 63,4 %. Рентабельность производства основных видов продукции животноводства (молоко, мясо птицы) без учета субсидий продолжает оставаться на недостаточном уровне – 12–14 %, а мясо крупного рогатого скота в течение многих лет убыточно.

Анализ развития животноводства показывает, что недостаточная рентабельность производства молока, убыточность привесов скота объясняются в основном высокими затратами ресурсов, прежде всего кормов, рабочего времени, энергии и топлива, низкими показателями продуктивности, обусловленными несовершенством применяемых технологий содержания и кормления животных, слабым техническим оснащением объектов, низкой квалификацией персонала. При этом определяющим звеном в системе отмеченных факторов является техника, уровень технического оснащения объектов, инновационность техники, прогрессивность заложенных в конструкциях машин принципов – поточности, адаптивности к физиологическим особенностям функционирования животных. В то же время реализация продуктивного потенциала животных зависит от обеспечения оптимальных условий содержания в помещениях (температура, влажность, состав воздуха, освещенность и др.), качества приготавливаемых кормов (измельчение, дробление, балансирование по содержанию белка, углеводов, минеральных элементов и др.), кратности кормления и нормирования рациона, автоматического управления выполнением процессов и операций, исключения ручного и вредного труда, надежности и стабильности осуществления технологии производства, подготовки, хранения и реализации продукции, исключения загрязнения окружающей среды отходами.

Наибольший удельный вес в структуре издержек продукции животноводства занимают корма – от 50–55 до 75–80 %. Поэтому качество подготовки кормов и рациональное их использование – исключение потерь при хранении и выдаче, нормирование кормления животных с учетом их продуктивности, должны быть стержнем технологии производства любой продукции. Своевременное нормированное кормление сбалансированными кормами также способствует повышению продуктивности животных, снижению удельных затрат кормов на производство продукции. Поэтому комплексы технических средств для производства, хранения, подготовки кормов к скармливанию и нормирование необходимо тщательно обосновывать по технико-экономическим и экологическим параметрам, и они должны занимать центральное место в системе машин для механизации и автоматизации процессов при производстве любого вида продукции.

Большую актуальность в технологиях производства продукции животноводства имеет оптимизация рационов кормления из имеющегося состава (набора) кормовых ресурсов, позволяющая обосновать рационы с минимальной стоимостью и более полно удовлетворить потребности раз-

личных видов животных в питательных веществах для получения максимальной продуктивности. К сожалению, в России как научные исследования по совершенствованию методологии оптимизации рационов кормления, так и практическое их осуществление даже в хозяйствах с высоким уровнем интенсификации производства потеряли актуальность.

Наибольшую актуальность и практическую значимость имеют такие вопросы, как вид подготовленного корма, переход от выдачи отдельных ингредиентов к сбалансированным однородным кормовым смесям, монокормам, от индивидуального дозирования к групповому. Отмеченные технологические нововведения в кормлении животных и птицы положительно сказались на развитии средств механизации для приготовления и выдачи компонентов рациона: сокращается количество технических средств, снижается их стоимость. Успешно и эффективно на фермах и комплексах по производству молока, откорму скота и в овцеводстве применение монокормов, выдача их животным и групповое дозирование с помощью мобильных универсальных систем машин, осуществляющих погрузку компонентов рациона, измельчение, смешивание и групповое нормирование.

Из-за низких показателей технической оснащенности объектов животноводства – поставки новой техники составляют 2,5–3,0 % в год вместо 12–14 % по нормативам, более 80 % парка машин используется сверх амортизационного срока, почти 90 % техники поступает по импорту, отсутствует система подготовки инженерно-технических кадров, не восстановлены системы технического обслуживания и серийного производства машин на специализированных заводах. В России сохраняются технологии с высокими затратами ресурсов на получение продукции животноводства, а удельные затраты рабочего времени, кормов и энергии превосходят показатели стран ЕЭС в 1,5–3,0 раза при продуктивности животных ниже на 35–50 % (таблица 1).

Таблица 1. – Удельные затраты ресурсов на производство продукции животноводства в сельхозорганизациях

Ресурсы	2000 г.	2010 г.	2015 г.
Корма, ц к. ед. на 100 кг			
молока	1,4	1,1	1,1
привеса скота	14,9	13,8	14,9
привеса свиней	8,0	4,2	3,4
Рабочее время, чел-ч на 100 кг			
молока	7,0	5,7	4,0
привеса скота	7,5	33,2	14,0
привеса свиней	12,0	10,0	6,0
Электроэнергия, кВт-ч на 100 кг			
молока	40,5	48,0	49,0
привеса скота	82,3	84,0	83,0
привеса свиней	190,0	160,0	147,0
Топливо, кг на 100 кг			
молока	15,7	18,0	16,0
привеса скота	41,2	42,0	38,0
привеса свиней	140,0	120,0	118,0

В личных подсобных хозяйствах населения удельные затраты рабочего времени и кормов в связи с крайне низким уровнем механизации и концентрации производства существенно выше. Несмотря на улучшение экономических условий для производителей молока – в последние годы растут закупочные цены, введены доплаты за качество молока и его переработку на собственных предприятиях – объемы производства молока в России покрывают всего 82,5 % его потребности. Цены сельхозпроизводителей на молоко сырое повысились за 2016 г. на 12 %, достигнув в декабре 23,89 руб./кг.

Усиление концентрации производства до оптимального уровня является одним из важных направлений развития животноводства и повышения уровня конкурентоспособности продук-

ции. Этот путь повышения конкурентоспособности эффективно реализуется при производстве яиц и мяса птицы и в свиноводстве.

В 2016 г. 92 % мяса птицы и 79 % яиц производилось в специализированных птицеводческих предприятиях, экспорт мяса птицы составил 114,9 тыс. *т*, яиц – 220,4 млн штук. Производство мяса птицы на душу населения достигло 32 *кг* при удельном весе в валовом производстве 47,7 %. Удельный вес двадцати крупных специализированных свиноводческих предприятий индустриального типа в валовом производстве свинины в России составляет более 55 % и, по расчетам Национального союза свиноводов, в 2020 г. достигнет 76 %.

Высокие затраты ресурсов на производство молока, говядины и свинины объясняются и недостаточными показателями продуктивности животных. Среднесуточный привес скота по стране в сельхозорганизациях составляет 570 *г* с колебаниями по регионам от 260 до 710 *г*, свиней – менее 400 *г*, масса реализуемого скота – 380–400 *кг*, свиней – 105–111 *кг*, молочная продуктивность коров в сельхозорганизациях – 4800–5100 *кг*, а в целом по стране – 3570 *кг* [1].

Из-за низких показателей продуктивности свиней, высоких затрат кормов – на 100 *кг* прироста на откорме 520 *кг* против 270–310 *кг* в странах ЕЭС – и низких показателей воспроизводства выход товарных свиней на одну свиноматку в год составляет 13,3–13,5 голов против 21,0–22,0 голов в ЕЭС, возрастают издержки, снижается рентабельность и конкурентоспособность продукции.

Недостаточное обеспечение кормового рациона белком приводит к повышенному потреблению кормов, прежде всего зерна, увеличению их стоимости и снижению рентабельности продукции животноводства. По данным ФГБНУ ВИК, в сельхозорганизациях на фуражную корову при продуктивности 4841 *кг* молока расходуется 54,2–56,0 *ц к. ед.*, в том числе 21–22 *ц* концентратов. Из-за несбалансированности рациона по белку общий перерасход кормов на корову в год составляет 4,8–5,0 *ц к. ед.* (11 %) и концентратов – 22,0 % [2].

Исследования показывают, что в современный период снижение затрат ресурсов на производство продукции животноводства в России будет обеспечиваться на основе комплексной реализации следующих инженерно-технологических, организационно-экономических и экологических мероприятий:

- технического переоснащения и модернизации действующих, строительства новых, оптимального уровня концентрации, объектов с применением высокоэффективной инновационной техники, комплексной механизации и автоматизации выполнения процессов и ресурсосберегающих технологий;

- совершенствования способов содержания и кормления животных, оптимизации параметров микроклимата в помещениях, балансирования кормовых рационов, обеспечивающих: повышение продуктивности животных до 20–25 %, рациональное использование кормов, исключение их порчи и потерь и на этой основе снижение издержек производства, рост инвестиционной привлекательности отрасли;

- совершенствования организационно-экономических основ ведения животноводства – оптимизации размеров предприятий, повышения квалификации персонала и оплаты труда, улучшения организации труда и управления, усиления экономических стимулов ведения подотраслей: финансовой поддержки, совершенствования системы кредитования, введения льготных тарифов на энергоресурсы и потребляемые ресурсы промышленного производства – витамины, лечебные и кормовые добавки, строительные материалы;

- устранения загрязнения водного, воздушного бассейнов, почвы выбросами вредных газов, патогенными микроорганизмами, семенами сорняков на основе очистки вентиляционных выбросов, подготовки высококачественных органических удобрений из экскрементов.

Экономическая целесообразность повышения уровня технического оснащения объектов животноводства инновационной техникой обуславливается не только существующим низким уровнем механизации и автоматизации выполнения процессов из-за развала специализированного сельхозмашиностроения в России, морального и физического износа применяемой техники, но и особой ролью машин в совершенствовании технологии и организации производства продукции, создании условий для повышения уровня реализации продуктивного потенциала применяемых пород животных, рационального использования ресурсов, улучшении условий труда и ро-

ста его производительности, охране окружающей среды, снижении издержек и повышении качества продукции. «Стратегией развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года» определены основные направления развития техники, предусматривающие ее адаптивность к физиологическим особенностям функционирования различных видов животных и птицы, организационным и природно-климатическим условиям применения, устранение ручного труда и замещение его машинным, выполнение технологических процессов и операций с минимальными затратами ресурсов, исключение вредного воздействия на окружающую среду, животных, качество продукции [3].

Учеными России (ВНИИМЖ, ВИЭСХ, ВНИИМЗ, СКНИМЭСХ, ИАЭП, СибИМЭ, ВНИИТИП с участием ученых аграрных университетов) и Беларуси разработаны высокоэффективные технические решения по механизации и автоматизации машинного доения коров (установки со станками «Параллель», «Елочка» с автоматическим управлением выполнения технологических операций – подготовка вымени, снятие доильных аппаратов, заключительный массаж вымени), эффективные системы чистки стойл и удаления навоза из помещений штанговыми автоматизированными конвейерами, технологические линии подготовки высококачественных удобрений, автоматизированные цеха по производству комбикормов производительностью от 1,5 до 12,0 т/ч, мобильные универсальные комплексы машин для погрузки, измельчения, смешивания компонентов кормового рациона для КРС и обогащения его комбикормами, системы автоматического регулирования параметров микроклимата, автоматизированные комплексы машин для производства продукции птицеводства, свиноводства и овцеводства, резервирования энергообеспечения объектов и много других видов инновационной техники, но промышленное производство их не осуществляется.

Обобщение опыта проведения модернизации и строительства новых объектов показывает, что уровень технического оснащения вновь построенных и модернизированных объектов не в полной мере базируется на использовании наиболее прогрессивных видов машин, оборудования, способов содержания. Недостаточно применяются такие прогрессивные решения в скотоводстве, как беспривязное содержание животных, доение коров в доильных залах со станками «Елочка» и «Параллель», кормление однородными сбалансированными смесями, не обеспечиваются подготовка кадров (операторов), повышение уровня оплаты их труда. Несмотря на повышение уровня среднемесячной оплаты труда в сельхозорганизациях в 2016 г. до 24,1 тыс. руб. против 19,9 тыс. руб. в 2015 г., она все еще существенно ниже уровня оплаты труда в экономике в целом. Повышение квалификации работников животноводства, особенно при применении инновационной техники и ресурсосберегающих технологий, необходимо осуществлять с одновременным ростом их оплаты труда. Рост квалификации – это условие повышения качества продукции, производительности труда, рационального использования ресурсов и одновременно – закрепления кадров на селе.

Важным фактором повышения эффективности продукции животноводства, наряду с усилением технической оснащенности объектов, модернизацией и реконструкцией действующих зданий и сооружений, усилением темпов строительства новых, являются технологические и организационные факторы – совершенствование способов содержания животных, обеспечение поголовья высококачественными кормами и сбалансированность рационов, укомплектование ферм высокопродуктивными животными и квалифицированными кадрами.

На объектах по производству молока и говядины необходимо увеличивать масштабы применения беспривязного содержания, доения коров в автоматизированных залах со станками «Елочка» и «Параллель», кормления однородными сбалансированными смесями с выдачей кормов в кормовые столы мобильными раздатчиками-смесителями, создавать цеха по хранению, охлаждению и переработке молока.

Анализ отечественных и зарубежных результатов исследований показывает, что совершенствование техники должно быть направлено на повышение производительности труда и снижение издержек производства, увеличение продуктивности животных, получение высококачественной продукции, охрану окружающей среды. При этом наивысшая эффективность механизации и автоматизации в животноводстве обеспечивается при комплексном ее осуществлении

и переводе на машинное выполнение всех процессов и операций, включая процессы и операции жизнеобеспечения животных и птицы, выращивания молодняка, воспроизводства стада (поение, кормление, ветеринарная защита, воздухообмен, температура в помещениях), а также при создании оптимальных (комфортных) условий содержания для осуществления физиологических процессов. В молочном скотоводстве наиболее значимыми процессами, влияющими в наибольшей мере на продуктивность животных, продолжительность их продуктивного использования, издержки производства, являются доение коров, приготовление и раздача кормов, чистка стойл, поение.

Исследования показывают, что применение средств автоматизации при доении коров в стойлах позволяет оператору выдаивать до 35–40 коров в час, при доении в молокопровод – до 45 коров. При беспривязном содержании коров и доении в доильных залах производительность труда повышается до 60–70 коров, достигаются минимальные затраты труда на доение животных по сравнению с привязным. Затраты труда на доение одной коровы в год при кратности доений 2,6 раза в сутки, с учетом выполнения подготовительно-заключительных операций и технического обслуживания установок, составляют:

при привязном содержании коров:

– доение в переносное ведро – 45,40–54,20 чел·ч;

– доение в стационарный молокопровод – 39,70–47,00 чел·ч;

при беспривязном содержании на установках со станками:

– «Тандем» – 28,80–35,70 чел·ч;

– «Елочка» – 26,90–31,90 чел·ч;

– в автоматизированных установках со станками «Тандем» – 17,90–21,70 чел·ч;

– «Елочка» – 16,35–20,50 чел·ч;

– «Параллель» с быстрым выходом – 14,4–18,0 чел·ч.

Доение в доильных залах позволяет сократить трудоемкость обслуживания животных на 51,2–63,0 %. Применение беспривязного содержания и доения коров в залах с автоматическим управлением контроля осуществления технологических операций позволяет не только повысить производительность труда, снизить издержки, но и улучшить качество молока, устранить заболелание коров маститом.

Опыт работы передовых хозяйств России, Беларуси и других стран, использующих новые технологии и технические средства, показывает, что за счет оптимизации условий содержания и кормления можно получать высокую продуктивность животных при затратах труда на производство 1 ц молока 0,8–1,0 чел·ч и иметь рентабельность производства продукции не менее 30–40 %.

Для повышения производительности труда, эффективности производства продукции свиноводства необходимо создать и осуществить массовый выпуск принципиально новых типов станков для содержания различных половозрастных групп животных, оснащенных системами автоматических машин и оборудования для выдачи кормов, поения и облучения животных, чистки станков, оптимизации параметров микроклимата, систем контроля и управления технологическими процессами, машин для подготовки сбалансированных кормовых смесей.

Одним из важных звеньев технологии производства продукции свиноводства, особенно в условиях роста уровня концентрации, является управление режимами осуществления технологических процессов на основе автоматизации и компьютеризации. При применении компьютерных систем среднесуточный прирост на откорме превышает 700 г.

При использовании многофункциональных раздатчиков-измельчителей кормов, широко применяемых на фермах западных стран, почти в два раза уменьшаются затраты труда, на 26,6 % – металлоемкость и в 2,2 раза – номенклатура техники по сравнению с созданием стационарных кормоприготовительных цехов.

Технический уровень машин и оборудования для уборки навоза из помещений и подготовки его к использованию, прежде всего транспортеров всех модификаций, не отвечает современным требованиям по гигиенической и санитарной безопасности. При несоблюдении требований по хранению, подготовке к использованию навоз становится источником загрязнения окружающей

среды вредными органическими и неорганическими соединениями, патогенной микрофлорой, яйцами гельминтов. Организация процессов уборки и подготовки навоза к использованию оказывает существенное влияние на эффективность производства продукции не только животноводства, но и сельскохозяйственного производства в целом. Из-за разрыва единой технологической цепи, включающей чистку помещений от экскрементов, их хранение и подготовку удобрений, даже в лучшие годы в нашей стране в качестве органических удобрений ежегодно использовалось не более 35 % накапливаемого навоза. В настоящее время в качестве удобрений используется менее одной трети навоза и удобряется всего 1 % пашни [3].

Анализ основных технико-экономических показателей применения различных технологий и технических решений систем уборки навоза из помещений показал, что в современных условиях существенное повышение эффективности выполнения процесса может быть достигнуто на основе организации серийного производства и массового применения штанговых транспортеров. Штанговые транспортеры по сравнению с другими конструкциями имеют ряд преимуществ – ниже их стоимость и удельная энергоемкость, выше надежность, они обеспечивают эвакуацию навоза любой влажности.

Применение средств комплексной механизации и ресурсосберегающих технологий обеспечит производство высококачественной продукции с удельными затратами рабочего времени на 1 ц молока 1,0–1,5 чел·ч, прироста скота – 5,0–6,0 чел·ч и прироста свиней – 2,5–3,5 чел·ч, электроэнергии на производство молока – 5,0–5,5 кВт·ч, прироста скота – 150–200 и прироста свиней – 180–215 кВт·ч на 1 ц продукции, жидкого топлива – 2,6–5,2 кг, 13,9–14,3 и 135–145 кг соответственно, рентабельность производства – не ниже 25–30 %

Реализация отмеченных направлений развития техники и технологий производства продукции позволит не только повысить производительность труда, сократить издержки производства, но и обеспечить независимость России от импорта молока и молочных продуктов, говядины, а также наращивать экспорт продукции птицеводства и свиноводства.

Литература

1. Агропромышленный комплекс России в 2015 году / Мин-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. – М., 2015. – 704 с.
2. Ларетин, Н. А. Экономическое обоснование методологических основ и приоритетных направлений развития кормовой базы молочного скотоводства / Н. А. Ларетин, Е. П. Чирков // Вестник ВНИИМЖ. – 2017. – № 1 (25). – С. 61–69.
3. Стратегия развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года / Н. М. Морозов [и др.]. – М: Росинформагротех, 2015. – 149 с.

УДК 631.363

Поступил в редакцию 04.08.2017
Received 04.08.2017

П. А. Савиных¹, д. т. н., проф. **С. Ю. Булатов²**, к. т. н.

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого),
г. Киров, Российская Федерация

²ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»,
г. Княгинино, Нижегородская обл., Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СЫПУЧИХ И ВЛАЖНЫХ КОРМОВ

Состояние отрасли животноводства и растениеводства во многом определяет продовольственную безопасность страны. Развитие этих отраслей невозможно без внедрения современных технологий, высокоэффективных машин и комплексов. Нами разработан, испытан и внедрен в производство комплекс машин.

При изучении рабочего процесса кормоприготовительного агрегата получены аналитические зависимости, позволяющие определить влияние отдельных параметров элементов комплекса на его рабочие характеристики: произ-

водительность, энергоёмкость, качество корма. Проведенная экспериментальная работа позволила подтвердить правильность теоретических исследований и определить оптимальные значения исследуемых параметров.

Используя выведенные теоретические и экспериментальные зависимости, методами теории подобия можно рассчитывать отдельные машины предлагаемого комбикормового агрегата различных габаритов и производительности. Научная и практическая значимость результатов исследований заключается в получении аналитических зависимостей, которые применимы при создании новых конструктивно-технологических схем элементов комбикормовых агрегатов (дробилок зерна, эжекторов и пневмосепараторов, смесителей) и могут быть использованы в проектно-конструкторских, научно-исследовательских и учебных заведениях.

Ключевые слова: дробилка зерна, животноводство, измельчение, корнеклубнеплоды, конструктивно-технологическая схема, кормление, кормоприготовительные машины, научная ценность, патент, пневмосепаратор, практическая значимость, сельскохозяйственное производство, смеситель, теория подобия, эжектор, энергоёмкость.

P. A. Savinyh¹, S. Y. Bulatov²

¹The state scientific institution Scientific research institute of agriculture of the northeast of the Russian agricultural academy, Kirov, Russian Federation

²The Nizhny Novgorod state engineering-economic institute Knyaginino, Nizhny Novgorod region, Russian Federation

IMPROVEMENT OF EQUIPMENT FOR THE PREPARATION OF GRANULAR AND MOIST FODDER

The state of the livestock industry and crop production largely determines the country's food security. The development of these industries is impossible without implementation of modern technologies, high-performance machines and systems. We have developed, tested and implemented in the agriculture and manufacturing complex machines.

When studying the workflow of preparing feed unit analytical dependences, allowing determining the influence of individual parameters of the elements of the complex on its performance: productivity, energy intensity, the quality of food. Experimental studies allowed confirming the correctness of the theoretical research and determining the optimal values of these parameters.

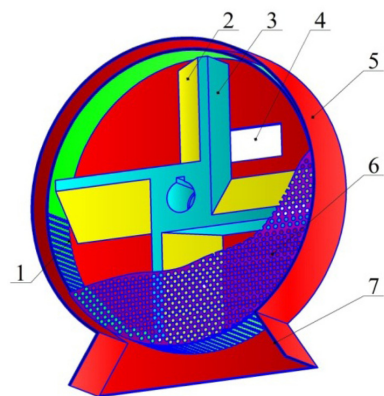
Using derived theoretical and experimental dependences, methods of similarity theory to calculate the individual machines offer feed Assembly of the various dimensions and performance. Scientific and practical significance of research results is to obtain analytical dependencies, which are applicable when creating new structurally-technological schemes of elements of feed components (grain crushers, ejectors and pneumo separation, faucets) and can be used in the design, research and educational institutions.

Keywords: crusher grain, livestock, milling, root crops, constructive-technological scheme, feeding, preparing feed machines, scientific value, patent, pneumo separation, the practical significance of agricultural production, mixer, theory of similarity, the ejector, the energy intensity.

Согласно разработанной стратегии машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 года [1], особое внимание в Российской Федерации уделяется современным передовым технологиям и системе машин. Важной сельскохозяйственной отраслью является кормопроизводство, так как от него во многом зависит продуктивность животных. Для производства различного вида кормов нами разработан комплекс машин [2].

Для измельчения зерна как альтернатива традиционным молотковым дробилкам предложена дробилка зерна ударно-отражательного действия (рисунок 1) [3].

Численными методами [4, 5] определен характер движения зерновки по билам и в камере измельчения:



- 1 – периферийное решето; 2 – било;
3 – ротор; 4 – загрузочное окно;
5 – корпус; 6 – торцевое решето;
7 – выгрузное окно

Рисунок 1. – Модель дробилки зерна ударно-отражательного действия

$$\left\{ \begin{array}{l} m\ddot{x} = mg \sin \omega t - |\lambda| \sqrt{k^2 + 1} \cdot f_m \cdot \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}} + \\ + m\omega^2 x - 2m\omega \dot{z}; \\ m\ddot{y} = -k\lambda - |\lambda| \sqrt{k^2 + 1} \cdot f_m \cdot \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}; \\ \lambda = \frac{1}{(1 + k^2)} (g \cos \omega t - \omega^2 z - 2\omega \dot{x}). \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\begin{cases} N(\Delta t) = n_0 + (-k_n \cdot u_{01} \cdot n_0 + k_n \cdot u_{01} \cdot v_\epsilon \cdot \cos \psi + g \cdot \sin \epsilon) \cdot \Delta t; \\ T(\Delta t) = \tau_0 + (-k_n \cdot u_{01} \cdot \tau_0 + k_n \cdot u_{01} \cdot v_\epsilon \cdot \sin \psi - g \cdot \cos \epsilon) \cdot \Delta t; \\ Z(\Delta t) = z_0 + (-k_n \cdot u_{01} \cdot z_0 + k_n \cdot u_{01} \cdot v_\epsilon \cdot \cos \alpha_\epsilon - g \cdot \sin \alpha_o) \cdot \Delta t. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} n(\Delta t) = n_0 \cdot \Delta t + (-k_n \cdot u_{01} \cdot x_0 + k_n \cdot u_{01} \cdot v_\epsilon \cdot \cos \psi + g \cdot \sin \epsilon) \cdot \frac{\Delta t^2}{2}; \\ \tau(\Delta t) = \tau_0 \cdot \Delta t + (-k_n \cdot u_{01} \cdot \tau_0 + k_n \cdot u_{01} \cdot v_\epsilon \cdot \sin \psi - g \cdot \cos \epsilon) \cdot \frac{\Delta t^2}{2}; \\ z(\Delta t) = z_0 \cdot \Delta t + (-k_n \cdot u_{01} \cdot z_0 + k_n \cdot u_{01} \cdot v_\epsilon \cdot \cos \alpha_\epsilon - g \cdot \sin \alpha_o) \cdot \frac{\Delta t^2}{2}, \end{cases} \quad (3)$$

где m – масса частицы; ω – окружная скорость ротора; λ – неопределенный множитель Лагранжа; k – угловой коэффициент плоскости; f_m – коэффициент трения; n, τ, z – оси координат; u – скорость частицы; k_n – коэффициент парусности; v_ϵ – скорость воздуха; $\psi, \epsilon, \alpha_o, \alpha_\epsilon$ – углы между векторами скоростей и осями.

Из анализа уравнений сделан вывод, что характер движения зерновки во многом определяется ее начальной скоростью, шириной била и окружной скоростью ротора, а максимальный износ бил приходится на их верхнюю часть.

Для проверки правильности выполненных расчетов проведены лабораторные исследования, в результате которых определены оптимальные параметры работы установки [6]: угол бил $\alpha = 50 \dots 55^\circ$, угол охвата периферийного решета $w = 48^\circ$, частота вращения ротора – около 3000 мин^{-1} , диаметр отверстий торцевого и периферийного решет при измельчении зерна на корм птице – 5 мм , крупному рогатому скоту – $3-4 \text{ мм}$, свиньям – 3 мм .

В случае необходимости подачи зернового вороха воздухом можно использовать разработанную нами дробилку зерна, генератором воздушного потока в которой является ротор-вентилятор (рисунок 2) [7, 8].

В результате теоретических исследований получены зависимости для расчета напорных характеристик [9], применимые при проектировании аналогичных машин:

$$P = (A - h_0) + (B - k_1) \cdot Q - k_2 \cdot Q^2, \quad (4)$$

$$\text{где } A = \omega^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot \rho; \quad B = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{\text{ctg } \beta_1}{b_1} - \frac{\text{ctg } \beta_2}{b_2} \right) \cdot \rho;$$

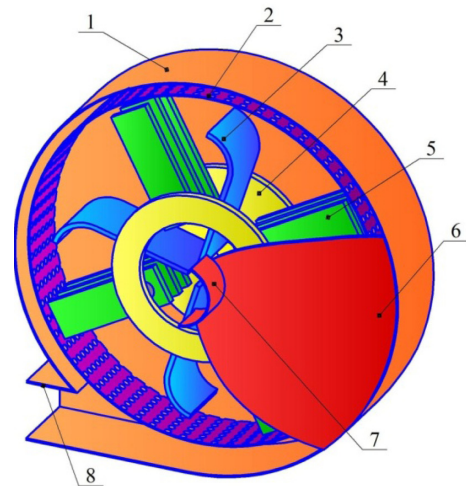
h_0, k_1, k_2 – эмпирические коэффициенты; Q – расход воздуха; r_1, r_2 – радиусы лопаток на входе в межлопаточный канал и его выходе; β_1, β_2 – углы лопаток на входе в межлопаточный канал и его выходе; ρ – плотность воздуха.

Отмечено, что полученные зависимости позволяют довольно точно рассчитать значения напора, создаваемого ротором-вентилятором.

Исследование движения зерновки по лопатке позволило выявить следующую закономерность:

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{\rho_n} \left(-g \cdot \cos(\omega t + \varphi) - \frac{N}{m} \cdot f + \omega^2 \cdot r_A \cdot \cos \varphi \right). \quad (5)$$

В результате анализа зависимости отмечено, что при углах $\varphi = -9^\circ, -8^\circ, -7^\circ, -2^\circ, -1^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ частица скользит по выпуклой стороне лопатки только до момента приобретения переносной скорости ее движения, а далее проис-



1 – корпус; 2 – решето; 3 – лопатка; 4 – ротор; 5 – молоток; 6 – крышка; 7 – всасывающий патрубок; 8 – выпускной патрубок

Рисунок 2. – Модель дробилки зерна с ротором-вентилятором

ходит ее отрыв от поверхности лопатки под действием центробежной силы. Выявлено, что большому износу подвержены лопатки с большим радиусом кривизны. Теоретические предположения подтверждены результатами экспериментов.

Методами планирования эксперимента получены модели регрессии функционирования дробилки зерна с ротором-вентилятором, и по ним определены оптимальные конструкционные и режимные параметры установки [9, 10]: диаметр решета отверстий – 3 мм, частота вращения ротора-вентилятора – 3000 мин⁻¹ и радиус кривизны лопаток – 45 мм. При этом удельные энергозатраты составили 1,3 $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{ед.ст.изм.}}$, количество целых зерен – менее 0,2 %, остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм – менее 5 %, содержание пылевидной фракции – не более 0,54 %.

С целью снижения гидравлических потерь в пневмосистеме агрегата, в состав которого входит дробилка зерна с ротором-вентилятором, исследованы загрузочные устройства (рисунок 3). Аналитически определена производительность дробилки зерна с ротором-вентилятором при подаче зернового вороха с использованием различных подающих устройств [11]:

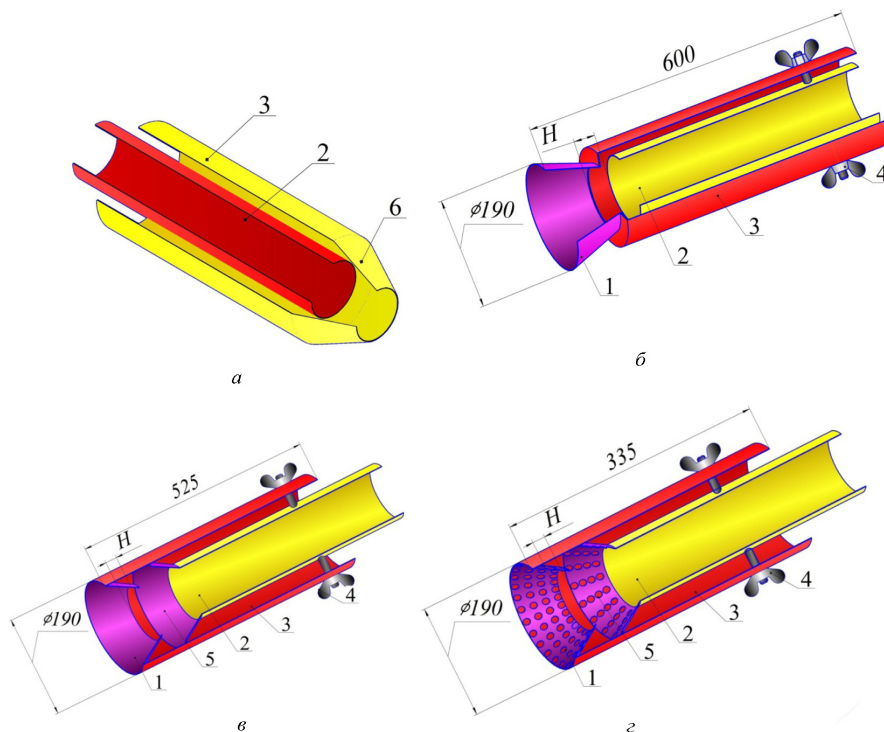
– для эжектора по рисунку 3а:

$$Q_{\text{э}} = \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \kappa \cdot \pi} \cdot \left(\sqrt{\frac{\Delta p_1}{\xi_1}} \cdot (2r_5 + H \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta) \cdot \kappa \cdot H \cdot \sin \beta + \sqrt{\frac{\Delta p_2}{\xi_2}} \cdot r_1^2 \right), \quad (6)$$

где Δp_1 – потери давления, зависящие от конструкции эжекторов; Δp_2 – потери давления, зависящие от сопротивления зернового слоя; ξ_1 – коэффициент сопротивления, зависящий от конструкции эжекторов; ξ_2 – коэффициент сопротивления зернового слоя; ρ – плотность рабочего газа; κ – коэффициент концентрации зерна; r_5 – радиус внутреннего патрубка эжектора; H – расстояние от кромки внутреннего патрубка до кромки диффузора; β – угол диффузора; r_1 – радиус диффузора;

– для эжектора по рисунку 3б:

$$Q_{\text{э}} = \left(2 \cdot r_5 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \rho \cdot \Delta p_1}{\xi_1}} + \sqrt{\frac{2 \cdot \rho \cdot \Delta p_2}{\xi_2}} \cdot r_1^2 \right) \cdot \pi \cdot \kappa; \quad (7)$$



1 – конфузор наружной трубы; 2 – внутренний патрубок; 3 – наружная труба; 4 – болт для регулировки зазора H; 5 – конфузор внутреннего патрубка; 6 – диффузор

Рисунок 3. – Модели в разрезе эжекторов

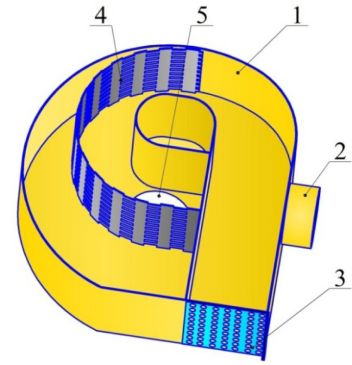
– для эжектора по рисунку 3 в, з:

$$Q_{\text{э}} = \left((r_3^2 - r_4^2) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \rho \cdot \Delta p_1}{\xi_1}} + \sqrt{\frac{2 \cdot \rho \cdot \Delta p_2}{\xi_2}} \cdot r_1^2 \right) \cdot \pi \cdot \kappa. \quad (8)$$

Опытным путем установлено, что разработанный эжектор создает меньшие гидравлические потери, что способствует повышению производительности дробилки с вентилятором на 15 % [12].

Так как совместно с зерновым ворохом из буртов воздушным потоком засасываются нежелательные мелкие и крупные минеральные примеси, предложено в пневмосистему агрегата добавить очищающее устройство – пневмосепаратор (рисунок 4) [13].

С помощью численных методов получили аналитические выражения для расчета траектории движения частиц с разными аэродинамическими свойствами:



1 – корпус; 2 – входной патрубок;
3 – регулирующая заслонка;
4 – сепарирующая решетка;
5 – выходное окно

Рисунок 4. – Модель пневмосепаратора

$$\begin{cases} N(\Delta t) = n_0 + \\ + \left(-\frac{u_{01}^2}{r} - k_n u_{01} n_0 + k_n u_{01} (3,62r^4 + 3,25r^3 + 2,51r^2 + 2,55r + 1,33\epsilon r) + g \sin \epsilon \right) \Delta t; \\ T(\Delta t) = \tau_0 + (-k_n u_{01} \tau_0 + k_n u_{01} (3,54r^3 + 2,25r^2 + 3,53r) - g \cos \epsilon) \Delta t; \\ Z(\Delta t) = z_0 - k_n u_{01} z_0 \cdot \Delta t. \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} n(\Delta t) = n_0 \Delta t + \\ + \left(-\frac{u_{01}^2}{r} - k_n u_{01} x_0 + k_n u_{01} (3,62r^4 + 3,25r^3 + 2,51r^2 + 2,55r + 1,33\epsilon r) + g \sin \epsilon \right) \frac{\Delta t^2}{2}; \\ \tau(\Delta t) = \tau_0 \Delta t + (-k_n u_{01} \tau_0 + k_n u_{01} (3,54r^3 + 2,25r^2 + 3,53r) - g \cos \epsilon) \frac{\Delta t^2}{2}; \\ Z(\Delta t) = z_0 - k_n u_{01} z_0 \frac{\Delta t^2}{2}. \end{cases} \quad (10)$$

По выведенным зависимостям рассчитаны траектории движения частиц зернового вороха (рисунок 5). Выявлено: чтобы тяжелые примеси оседали в камере, а не попадали в дробилку, необходимо удлинить вертикальный сепарирующий канал над входным патрубком на 0,1 м. Мелкие примеси и зерно, независимо от координат их входа, всегда движутся по сепарирующей решетке, поэтому необходимо определить минимальную длину отверстий решетки. Она определяется выражением:

$$l = 2 \cdot \left(v_x \cdot \left(\frac{\sqrt{2a_y \cdot (d + h/2 + z)}}{a_y} \right) + \frac{a_x}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{2a_y \cdot (d + h/2 + z)}}{a_y} \right)^2 \right), \quad (11)$$

где v_x – скорость частицы вдоль оси x ; a_x, a_y – ускорение частицы вдоль осей x и y соответственно; d – диаметр частицы; h – толщина сепарирующей решетки.

Используя полученное выражение, построено семейство графиков (рисунок 6), позволяющих выбрать необходимую длину отверстий сепарирующей решетки.

Экспериментальными исследованиями проверена состоятельность полученных аналитических выражений и установлены оптимальные параметры сепаратора: площадь перфорации днища камеры крупных примесей – 570 мм², глубины камеры крупных примесей – 140 мм, радиус сепарирующей решетки – 190 мм, длина отверстий сепарирующей решетки – 26 мм.

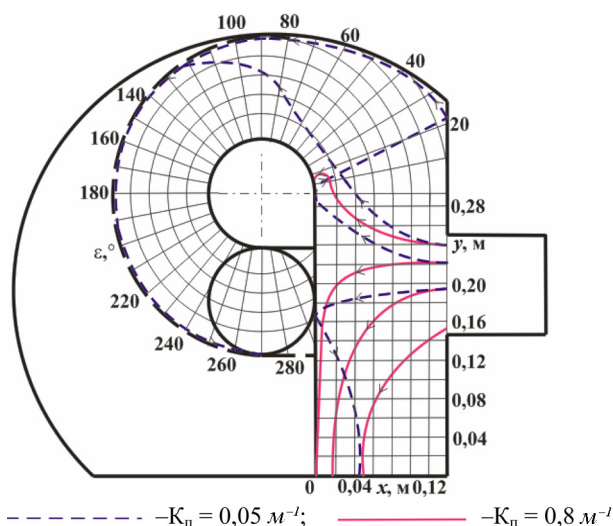


Рисунок 5. – Траектории движения частиц в сепарирующих каналах пневмосепаратора

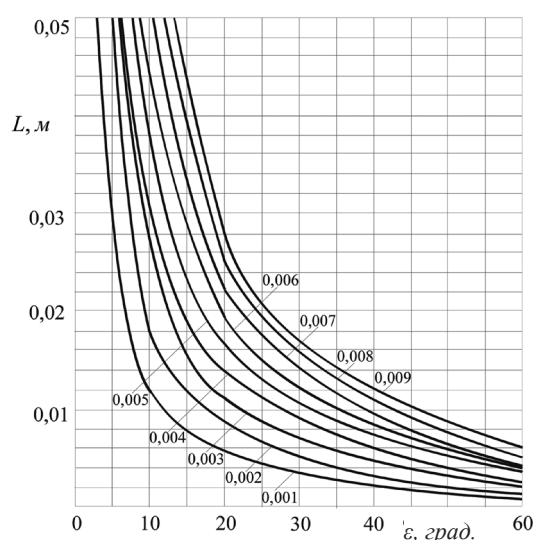


Рисунок 6. – Влияние угла ε и параметра u_B на величину отверстия сепарирующей решетки

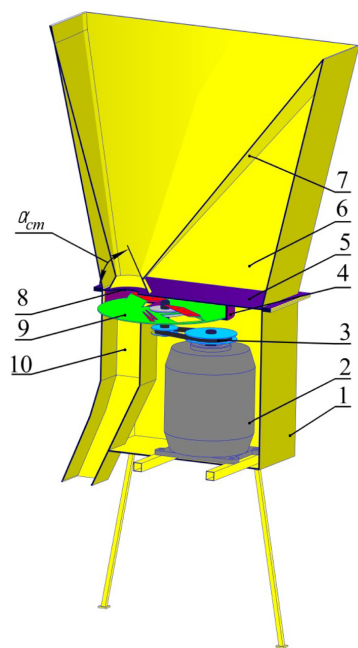
Одним из компонентов в рационе животных являются корнеклубнеплоды. Для их подготовки к скармливанию разработан и исследован измельчитель корнеклубнеплодов (рисунок 7) [14].

Изучая процесс качения клубня по режущему ножу, пришли к выводу, что он может быть описан уравнением:

$$\ddot{x} + a_1 \cdot \dot{x} - a_2 \cdot x = a_3. \quad (12)$$

$$a_1 = \frac{2 \cdot m \cdot \omega \cdot \frac{\Delta}{r}}{\left(m + \frac{J_{zc}}{r^2}\right)}; \quad a_2 = \frac{\omega^2 \cdot m}{\left(m + \frac{J_{zc}}{r^2}\right)};$$

$$a_3 = \frac{\left(-m \cdot g \cdot \frac{\Delta_{вер}}{r} - m \cdot g \cdot f + m \cdot \omega^2 \cdot \frac{R_X \cdot \Delta}{r}\right)}{\left(m + \frac{J_{zc}}{r^2}\right)};$$



- 1 – корпус; 2 – электродвигатель;
- 3 – ременная передача; 4 – отбойник;
- 5 – крышка; 6 – загрузочный бункер;
- 7 – наклонная перегородка;
- 8 – загрузочное окно; 9 – режущий диск; 10 – выгрузная горловина

Рисунок 7. – Разрез трехмерной модели измельчителя корнеклубнеплодов

где m – масса клубня; J_{zc} – момент инерции клубня относительно вертикальной оси; r – радиус лезвия; ω – угловая скорость ножа; g – ускорение свободного падения; Δ – коэффициент сопротивления качения клубня по лезвию; R – расстояние от оси вращения до оси X ; $\Delta_{вер}$ – коэффициент трения вращения о поверхность диска.

Анализ результатов показал, что сила реакции режущего ножа несколько выше установленной опытным путем режущей силы. Это свидетельствует о качении клубня по кромке ножа. Для того чтобы происходило скольжение, необходимо поставить упор, роль которого выполняет наклонная стенка бункера, установленная под некоторым углом α_{cm} . Такое решение позволяет снизить силу смятия с одновременным защемлением клубня и дальнейшим его резанием. Из анализа схемы взаимодействия клубня с ножом определена зависимость указанного угла:

$$\alpha_{cm} = \left[2 \arctg f + \arccos \left(1 - \frac{h_n}{r} \right) \right], \quad (13)$$

где f – коэффициент трения клубня о сталь; h_n – вылет ножа; r – радиус клубня.

Экспериментально были определены углы защемления клубня при различных значениях вылета ножа. Сравнение результатов теоретических расчетов и опытных данных показало, что они достаточно близки и теория может быть применена для расчета измельчителей. Экспериментально установлены оптимальные значения других рабочих параметров установки: угол резания горизонтальных ножей – 25° , количество горизонтальных ножей $N = 2$ и скорость резания $V_p = 12 \text{ м/с}$.

Подготовленные компоненты корма в зависимости от рациона подаются в смеситель [14], его рабочим органом служат два шнека, витки которых выполнены в виде геликоида (рисунок 8).

С учетом конструкции смешивающего органа получена зависимость для расчета мощности, необходимой на привод каждого шнека:

$$W_o = \frac{\left(\frac{Qv^2}{270g} + \frac{F_k \cdot v}{750} + \frac{P'_0 \cdot D_0 \cdot (\omega - \omega_2)}{1500} + \frac{P''_0 \cdot D \cdot (\omega - \omega_2)}{1500} \right) \cdot k_o}{\eta_n}, \quad (14)$$

где Q – производительность ленточного шнека, $\text{м}^3/\text{ч}$; v – скорость осевого перемещения материала, м/с ; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; F_k – сила трения материала о внутреннюю поверхность стенок смесителя, Н ; ω_2 – угловая скорость смешиваемого материала, с^{-1} ; D_0 – диаметр окружности, проходящей через центр давления груза на поверхность шнека, м ; P'_0 – касательная к окружности движущая сила, проходящая через центр давления материала, Н ; P''_0 – окружная сила, действующая на наружной кромке витка шнека, Н ; ω – угловая скорость шнека; k_o – коэффициент, учитывающий защемление и дробление груза.

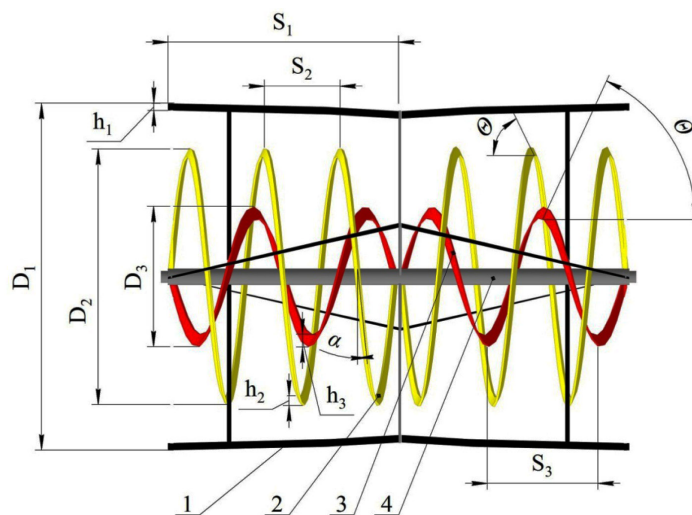
Используя полученную зависимость, определили наиболее значимые факторы, влияющие на процесс смешивания корма. В результате проведенных экспериментов по смешиванию различных видов кормов на лабораторном образце смесителя определили его оптимальные параметры: угол геликоида шнеков – 50° , высота витков внешнего шнека – 50 мм , высота витков внутреннего шнека – 75 мм , шаг витков внешнего шнека – 105 мм , шаг витков внутреннего шнека – 135 мм , длина лопаток – 32 мм . В случае с перемешиванием сыпучих кормов требуемая частота вращения смешивающего узла должна составлять 45 мин^{-1} , время смешивания $t = 70 \dots 100 \text{ с}$, влажных – $n = 30 \text{ мин}^{-1}$ и $t = 110 \text{ с}$.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан комплекс машин для приготовления сухих сыпучих и влажных рассыпных кормов, определены оптимальные конструкционные параметры и режимы работы отдельных машин, входящих в него.

Литература

1. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 года / Ю. А. Иванов [и др.]; Российская академия сельскохозяйственных наук, Отделение механизации, электрификации и автоматизации, ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2009. – 71 с.
2. Булатов, С. Ю. Повышение эффективности приготовления кормов путем совершенствования конструкции и технологического процесса кормоприготовительных машин / С. Ю. Булатов // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 1 (17). – С. 55–64.



1 – внешний шнек; 2 – средний шнек; 3 – внутренний шнек; 4 – вал

Рисунок 8. – Схема смешивающего органа смесителя

3. Зерновая дробилка: пат. 2558248 RUS, МПКВ02С 9/02 (2006.01) / П. А. Савиных, В. Е. Саитов, Н. В. Турубанов, С. Ю. Булатов, В. Романюк, К. Е. Миронов, В. Н. Нечаев; заявитель НГИЭИ. – № 2014109792/13; заявл. 13.03.2014; опубл. 27.07.2015 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2015. – № 21. – 7 с.
4. Сысуев, В. А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент. В 2 т. / В. А. Сысуев, А. В. Алешкин, П. А. Савиных. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. – Т. 1. – 640 с.
5. Сысуев, В. А. Кормоприготовительные машины. Теория, разработка, эксперимент. В 2 т. / В. А. Сысуев, А. В. Алешкин, П. А. Савиных. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. – Т. 2. – 496 с.
6. Савиных, П. А. Влияние конструктивно-технологических параметров дробилки зерна ударно-отражательно-го действия на ее энергетические показатели / П. А. Савиных, С. Ю. Булатов, К. Е. Миронов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: тр. междунар. науч.-техн. конф. – 2014. – Ч. 3. – С. 142–148.
7. Молотковая дробилка: пат. 2511309 RUS, МПКВ02С 13/04 (2006.01)В02С 9/00 (2006.01) / П. А. Савиных, Н. В. Турубанов, В. Н. Нечаев, С. Ю. Булатов; заявитель ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого. – № 2012130231/13; заявл. 16.07.2012; опубл. 27.01.2014 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2014. – № 10. – 4 с.
8. Оболенский, Н. В. Изобретательство – путь к научному успеху: методическое пособие / Н. В. Оболенский, С. Ю. Булатов, А. И. Свистунов; под ред. Н. В. Оболенского. – Н. Новгород, 2016. – 205 с.
9. Булатов, С. Ю. Разработка дробилки зерна для крестьянских хозяйств и результаты исследований по оптимизации ее конструктивно-технологических параметров. Теория, разработка, методика, эксперимент, анализ / С. Ю. Булатов, В. Н. Нечаев, П. А. Савиных. – Княгинино: НГИЭИ, 2014. – 140 с.
10. Савиных, П. А. Напорные характеристики дробилокзерна / П. А. Савиных, А. В. Алешкин, С. Ю. Булатов, В. Н. Нечаев // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 5. – С. 29–31.
11. Булатов, С. Ю. Совершенствование системы загрузки малогабаритных комбикормовых агрегатов серии «ДОЗА» / С. Ю. Булатов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2010. – Т. 21. – № 3. – С. 127–135.
12. Булатов, С. Ю. Повышение эффективности рабочего процесса малогабаритного комбикормового агрегата путем совершенствования системы загрузки и очистки фуражного зерна: дис. ... канд. техн. наук / С. Ю. Булатов; Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого. – Киров, 2011.
13. Баранов, Н. Ф. Пневмосепаратор фуражного зерна / Н. Ф. Баранов, С. Ю. Булатов, А. Г. Сергеев // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 1. – С. 25–26.
14. Измельчитель корнеклубнеплодов: пат. 2545819RUS, МПКА01F 29/00 (2006.01)В02С 18/06 (2006.01) / П. А. Савиных, С. Ю. Булатов, Р. А. Смирнов, В. Н. Нечаев; заявитель НГИЭИ. – № 2013120420/13; заявл. 30.04.2013; опубл. 10.11.2014 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2015. – № 10. – 6 с.
15. Смеситель-ферментатор: пат. RUS 2567315 МПКВ01F 7/08 (2006.01) / П. А. Савиных, В. Е. Саитов, Н. В. Оболенский, С. Ю. Булатов, А. И. Свистунов; заявитель НГИЭИ. – № 2013159353/05; заявл. 26.12.2013; опубл. 10.07.2015 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2015. – № 31.
16. Савиных, П. А. Оптимизация рабочего процесса смешивания сыпучих кормов в ленточном смесителе периодического действия / П. А. Савиных, Н. В. Оболенский, С. Ю. Булатов, А. И. Свистунов // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 9–2. – С. 811–816.

УДК 001.89:631

Поступил в редакцию 21.08.2017
Received 21.08.2017

Л. Я. Степук, д. т. н., проф.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: himvsh@mail.ru*

АГРОИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА – ГЛАВНЫЙ ВЕКТОР НАУЧНЫХ СИЛ В РЕШЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННО ЗНАЧИМЫХ ПРОБЛЕМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В статье отмечены достижения аграрной науки, рассмотрен с позиции представителей различных ее направлений ряд накопившихся в сельском хозяйстве государственно значимых проблем. Первопричины их автор видит в разобщенности работы профильных институтов, мелкотемье, недостаточной материализации своих результатов в масштабах страны. Предложено образовать при Отделении аграрных наук координационно-консультативный совет, в обязанности которого, в частности, должны входить обоснование приоритетных направлений НИР, ОКР, определение головных исполнителей конкретных заданий и соисполнителей соответствующего профиля.

Ключевые слова: наука агроинженерная, стратегия, техника импортная, техника отечественная, дефицит, программа приоритетного машиностроения, совет проблемный.

AGROENGINEERING SCIENCE IS THE MAIN VECTOR OF SCIENTIFIC FORCES IN SOLVING STATE PROBLEMS OF AGRICULTURE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

In article noted achievements of agricultural science, considered from the perspective of its representatives from different areas of the accumulated number of agriculture state-significant problems. The root causes of the authors see in the work of specialized institutes disunity, shallow themes, lack of materialization of their results at the national level. It is proposed to form at a coordinately-advisory council Department of Agrarian Sciences, whose responsibilities, in particular, should include the rationale for the priority areas of research, SRW and EDW, the definition of the prime contractor and subcontractors specific tasks appropriate profile.

Keywords: agroengineering science, strategy, imported technology, domestic technology, deficit, priority engineering program, problematic council.

Не в том дело, что люди не могут найти решения, – дело в том, что они обычно не могут увидеть проблемы.

Гилберт Кит Честертон

2017-й год объявлен Годом науки. Основной целью данного решения является повышение роли науки в выполнении задач социально-экономического развития страны. В этой связи мы должны подвести итоги достигнутого и озвучить свои упущения, которые мешают работать нам более результативно. Только зная причины упущений, можно найти решения.

Как известно, по своей направленности по отношению к практике отдельные науки принято подразделять на фундаментальные и прикладные.

Фундаментальная наука занимается исследованием основополагающих сторон существования материи, жизни, общества, мышления, окружающей среды, не преследует цели непосредственного получения конкретных практических результатов, но служит базой для прикладных наук.

Целью прикладных наук является применение результатов фундаментальных наук для решения не только познавательных, но и социально-практических проблем.

Аграрная наука Республики Беларусь, занимающаяся главным образом прикладными исследованиями, многогранна, располагает достаточно мощным потенциалом и традиционно имеет хорошие результаты, которые известны не только в ближнем, но и в дальнем зарубежье. К настоящему времени разработаны высокоурожайные сорта зерновых, зернобобовых культур, картофеля, рапса и других сельскохозяйственных культур, выведены высокопродуктивные породы свиней, крупнорогатого скота и птицы, разработана и реализуется отечественная система машин, без которой материализовать эти достижения не представляется возможным. Однако именно реализация на практике в полной мере в масштабах страны имеющихся достижений аграрной науки в настоящее время представляет собой проблему.

Вызывает тревогу снижающееся в большинстве районов республики плодородие как пахотных почв, так и сельскохозяйственных угодий. Достаточно сказать, что на данный момент подкисление почв отмечается уже в 94 районах республики, снижение содержания гумуса – в 70 районах [1]. Существенный недобор и потери урожая, высокие затраты энергии на единицу продукции приводят к высокой ее себестоимости и, как следствие, – к низкой, а то и отрицательной рентабельности.

В сложившейся ситуации в определенной мере повинна и аграрная наука. Одной из причин этого, на наш взгляд, является разобщенность профильных подразделений аграрной науки, что не позволяет работать на единый конечный результат – ликвидацию серьезных проблем в сельском хозяйстве и реализацию способствующих его развитию научных разработок. В аграрных НИИ превалирует мелкотемье, а нередко – увлечение тематикой очень далекой перспективы. Во многом именно это объясняет существование серьезных, хронических проблем в нашем сельском хозяйстве. Тематика «далекой перспективы» в некоторых аграрных НИИ инициируется руководителями, которые, естественно, полностью заняты текущими делами и не имеют возможности глубоко интерпретировать новшества, сведения о которых приходят из-за рубежа и чаще всего являются поверхностными.

Вызывает удивление непреодолимая тяга некоторых чиновников от АПК к новым, я бы сказал, экзотическим, на фоне существующих наших проблем, технологическим и техническим решениям, появляющимся в последние годы в аграрно развитых государствах мира. При этом предполагается, что будет сделано нечто такое, что обеспечит вдруг, неожиданно, скачок развития земледелия, а следовательно, и животноводства нашей страны. Но этого не происходит. К таким новым направлениям можно отнести способ дифференцированного внесения удобрений, химических средств защиты растений, использование низкопотенциального тепла, ветровой и тем более солнечной энергии (в республике 28 безоблачных дней в году), биотоплива, да и способ получения биогаза из навоза. Практике делать ставку на новшества, эффективность которых в условиях республики не доказана, а реализация некоторых заведомо нереальна, мягко говоря, рискованно. Ведь известно, что в настоящее время на получение одной единицы энергии от нетрадиционных возобновляемых источников надо затратить 1,3 единицы углеводородного топлива [2].

К категории такого рода экзотических решений следует отнести и тему органического земледелия, которая уже более года не сходит со страниц газет, регулярно звучит на белорусском радио.

В публичной дискуссии по этому поводу приняли участие известные в данной сфере специалисты: академики В. В. Лапа, Л. В. Кукреш, д. с-х. н. П. В. Тиво, к. с-х. н. Т. М. Серая, С. А. Касьянчик, Е. Н. Богатырева и другие. Не остался в стороне от дискуссии и автор статьи, посвятивший более 30 лет разработке средств механизации процессов химизации земледелия нашей страны, и изложил свою точку зрения в статьях «Все человеческое природе чуждо, вопрос лишь в дозах наших “лекарств”» (Сельская газета, 2016, № 54, с. 26.) и «Органическое земледелие: виртуальность и реалии» (Наше сельское хозяйство, 2016, № 15).

Дискуссия на эту тему продолжается, но возникает ощущение, что никто мнение ученых не принимает во внимание.

Сложившуюся ситуацию можно описать словами Б. Крутиера: «Мы все ищем новые пути, вместо того чтобы содержать в порядке старые дороги».

Новые технологии в растениеводстве, новые способы получения энергии должны стать, прежде всего, объектом глубокого и всестороннего изучения отечественной наукой на предмет целесообразности, эффективности их внедрения в условиях нашей республики. И в этом направлении также необходимо объединять усилия не только аграрного, но и других отделений Национальной академии наук Беларуси.

В бытность СССР практически во всех НИИ существовало следующее соотношение тематики НИОКР: 70 % всего научного потенциала (сил и средств НИИ) должны были направляться на решение неотложных текущих проблем, 20 % – на решение проблем ближайшей перспективы (10–15 лет) и только 10 % научного потенциала – на решение вопросов далекой перспективы. И это представляется разумным. Восстановление такой практики может стать первым шагом в реформировании науки.

Мы почти ежедневно слышим разговоры о реформах, реформировании. Реформа означает изменение положения дел к лучшему. Реформирование сельскохозяйственного производства – это не что иное, как решение проблем, не позволяющих эффективно реализовывать в конечном итоге ресурс земли. Без усилий аграрной науки сделать это не представляется возможным. Такой подход всегда будет гарантией успеха и исключит вероятность вывода: «реформа не удалась».

Все проблемы в сельском хозяйстве должны быть проранжированы по значимости, приоритетности их решения. Причем следует помнить, что каждая из них является не простой, односложной, а многогранной, требующей проработки учеными разных направлений. Следовательно, для получения положительного результата надо заявлять комплексные проекты решения практических проблем сельскохозяйственного производства. Смеем заметить, в настоящее время таких комплексных проектов аграрная наука имеет очень мало.

Надо признать, что на сегодняшний день нет объективного, систематизированного анализа причин, мешающих вести нам более эффективно сельскохозяйственное производство. Из-за чего выбор тематики тем или иным НИИ происходит без учета приоритетов. Этим объясняется мелкотемье и недостаточно высокая результативность проводимых исследований.

Академик Николай Геннадиевич Басов, лауреат Нобелевской премии в области физики (1964 г.), еще в 1980-х годах образно представлял науку в виде каната, отдельные пряди которого в разные эпохи развития человечества были то крепко сплетены, то расплетены. Это означает, что в определенные эпохи разные науки накапливали знания врозь, достигали соответствующего уровня (плато), и развитие их замедлялось. После того, как науки снова «сплетались в канат», развитие их получало новый импульс.

К настоящему времени фундаментальная наука шагнула далеко в своем развитии, настала эпоха сплошной компьютеризации, больших возможностей вычислительной техники. Думается, это наиболее благоприятные условия, в которых необходимо объединять усилия аграрной науки для решения неотложных проблем, имеющих место в сельскохозяйственном производстве. Только с участием и на стыках разных наук вероятней всего получить большие практические результаты и ускорить получение отдачи от их использования.

Что касается агроинженерной науки, то необходимо особо подчеркнуть совершенно очевидный факт: сегодня никакие самые многообещающие результаты, полученные агрономической, агрохимической, зоотехнической, экономической и иными науками, работающими на сельское хозяйство, не могут быть реализованы, что означает – материализованы, в полной мере без соответствующей техники. Это – аксиома!

Мы убеждены, что отмеченные выше серьезные проблемы в нашем сельском хозяйстве продолжают существовать и усугубляться главным образом из-за несовершенства отдельных сельскохозяйственных машин, недостаточной обеспеченности многими машинами сельскохозяйственных предприятий, полного отсутствия машин для выполнения определенных операций, недостаточной обеспеченности энергонасыщенных тракторов мощностью от 300 л. с. до 450 л. с. необходимым шлейфом сельхозмашин, из-за чего не представляется возможным комплектование оптимального состава машинно-тракторных агрегатов.

Справедливость таких выводов подтверждается и положением дел в сельском хозяйстве России: «По оценке экспертов, только из-за нехватки техники в России ежегодно недополучают 15–20 млн тонн зерна, 1 млн тонн мяса, свыше 7 млн тонн молока – всего на сумму свыше 10 млрд долларов США» [3].

Причины сложившейся в республике ситуации уходят корнями во времена распада СССР. До него в Беларуси производилось не более 15 % наименований сельхозмашин от потребной номенклатуры, остальные завозились из России, Украины и других союзных республик. С приобретением государством статуса суверенного сельское хозяйство Беларуси получило в наследство морально и физически устаревшую технику. Для покупки новой техники государство не имело соответствующих валютных средств. Выход из сложившейся ситуации в то время был один – срочно разработать отечественную систему машин для растениеводства и животноводства страны.

Сегодня можно с удовлетворением отметить, что агроинженерной наукой совместно с промышленными предприятиями республики разработана такая система машин. Однако ее реализация только агроинженерной наукой, без помощи технологических НИИ, институтов экономического профиля, будет проблематичной.

Рассмотрим проблемы, требующие решения совместными усилиями.

1. Уже более 15 лет выбытие техники в стране по большинству наименований системы машин превышает поступление ее в хозяйства [4]. В результате сложилась ситуация острого дефицита, не позволяющая из года в год повсеместно своевременно и качественно выполнять технологические операции при возделывании сельскохозяйственных культур, рационально использовать ежегодно применяемые главные ресурсы сельского хозяйства – органические и минеральные удобрения, известковые материалы и пестициды суммарной стоимостью 1 млрд долл. США. Из-за чего недоборы и потери урожая ежегодно составляют более 4 млн т в зерновом эквиваленте, при этом непроизводительно расходуются десятки тысяч тонн топлива. Потенциал именно этих ресурсов определяет результативность земледелия и, как следствие, – животноводства.

Существование данной проблемы, кстати сказать, ставится в вину именно тем, кто создает новую, архивостребованную на практике технику, без которой не представляется возможным интенсивное ведение сельского хозяйства страны. Мало того, сегодня находятся горячие головы,

которые грозятся запустить процедуру возврата денежных средств организацией-разработчиком, создавшей отечественные комплексы машин, оборудование и приборы, что, разумеется, сделать без денег было бы невозможным. Это нонсенс! И вот почему.

Все проекты заданий соответствующих государственных научно-технических программ проходили установленную в республике многоуровневую процедуру защиты, начиная с рассмотрения актуальности, правильности заполнения многочисленных форм, обоснованности стоимости, сроков разработки и т. д., на ученом совете организации-разработчика, на техническом совете организации-соисполнителя (завода-изготовителя), затем – на научно-техническом совете Минсельхозпрода как заказчика и потребителя нового изделия, в ГУ «БелМИС», затем в ГКНТ, ГЭС № 1, ГЭС № 2.

Разработка каждого задания проводилась в строгом соответствии со стандартом Беларуси СТБ 1578–2005 «Разработка и постановка продукции на производство». После проведения государственных приемочных испытаний изделия создавалась приемочная комиссия Минсельхозпрода, которая рассматривала результаты испытаний, утверждала технические условия на изделие, присваивала литеру «О1» конструкторской документации и рекомендовала его к постановке на производство.

Разработчик получал сертификат соответствия изделия требованиям Таможенного союза и передавал конструкторскую документацию заводу-изготовителю для подготовки производства, обеспечивал многостороннюю рекламу созданного объекта. Поэтому создатели новой отечественной техники заслуживают высокой оценки, а не порицания, обвинения в недостаточной обеспеченности ею сельскохозяйственных предприятий.

Основная причина отсутствия масштабного выпуска новой техники в последние годы состоит в том, что у большинства сельскохозяйственных предприятий нет достаточных оборотных средств для приобретения необходимой техники, а не в том, что она не востребована. Будем надеяться, что данная проблема – временная.

Поскольку наша страна объективно не в состоянии в короткие сроки обеспечить сельское хозяйство техникой под полную потребность, необходимо найти и принять такие управленческие решения, которые бы обеспечили в первую очередь реализацию потенциала упомянутых ресурсов.

Таким управленческим решением могла бы стать разработка научно обоснованной государственной программы приоритетного сельхозмашиностроения, что, в сущности, явилось бы узаконенной стратегией технического обеспечения сельского хозяйства страны в условиях нынешнего социума, благодаря которой автоматически была бы решена острейшая ныне проблема внедрения новых разработок [4, 5].

Для ее создания необходимо участие профильных институтов, и в первую очередь – ученых экономистов, технологов. Данная задача является технико-экономической, носит по сути прикладной, а по важности – фундаментальный характер.

2. Новая система машин для растениеводства включает как прицепные, навесные, монтируемые сельскохозяйственные машины, так и самоходные. Но на сегодняшний день нет единого мнения, какому направлению следует отдать предпочтение, так как отсутствует строгое научное обоснование. В решении этой задачи также требуется участие как инженеров, так и технологов, экономистов.

3. Нет окончательного научно обоснованного заключения относительно перспектив использования в ряде случаев комбинированных или однооперационных сельскохозяйственных машин. Здесь также большое поле деятельности для экономистов и технологических НИИ.

Думается, что и в ряде проектов, выполняемых профильными аграрными центрами НАН Беларуси, участие НПЦ по механизации сельского хозяйства также было бы полезным. Например, в решении проблемы накопления гумуса в почве, оптимизации ее кислотности, что обеспечит не только существенное увеличение урожайности всех без исключения сельскохозяйственных культур, снижение себестоимости, улучшение качества получаемой продукции, но и снижение тягового сопротивления и, как следствие, – увеличение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин и агрегатов на 20–30 %, а соответственно, и снижение расхода топлива на такую же величину.

4. На 1 января 2017 года в республике насчитывается импортной техники: 975 тракторов, 770 кормоуборочных машин, 1122 зерноуборочных комбайна, 880 опрыскивателей, 280 пресс-подборщиков [6]. В то же время эту технику выпускают отечественные заводы. Получается, что мы сами создаем антирекламу белорусской машиностроительной продукции.

Более того, из данных Министерства статистики и анализа Республики Беларусь видно, что заметного эффекта от использования в отечественном сельхозпроизводстве этой зарубежной техники, обошедшейся стране во многие миллионы валютных средств, не наблюдается, урожайность основных сельхозкультур стабилизировалась, а вот рентабельность производимой растениеводческой и животноводческой продукции заметно снизилась и, что особенно должно тревожить, состояние сельхозугодий и пашни ухудшилось. А коль скоро это так, то, имея свои заводы по производству тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов, машин для применения минеральных и органических удобрений, почвообрабатывающих и посевных машин, машин по уходу за растениями и многих других средств механизации сельского хозяйства, надо переходить целиком на использование отечественной техники, пусть даже она в чем-то уступает зарубежным аналогам. А это «в чем-то» касается только показателя ее надежности. Чтобы решать эту проблему, надо направлять валютные средства на обновление технологического оборудования, станочного парка наших заводов, а не зарубежным производителям.

Здесь нелишне вспомнить 1980-е годы. Тогда в Беларуси практически не было ни одной сельскохозяйственной машины из дальнего зарубежья. Но производили продукции не меньше. И, что самое важное, – плодородие почв по всем показателям ежегодно прирастало. Старшему поколению аграриев это хорошо известно.

5. Обеспеченность специальными складскими помещениями для хранения твердых минеральных удобрений на базах РО «Белагросервис» в целом по республике составляла в 2010 г. всего 38,9 %, а для хранения пылевидных известковых материалов (доломитовой муки) – 30 % от потребности [7, 8]. Такая же сложная ситуация с хранением жидких минеральных удобрений, ежегодная потребность в которых составляет 0,7 млн тонн [8]. На протяжении последних двух десятилетий строительство новых складов почти не велось. Многие построенные в 1970–1980 гг. железобетонные склады, эксплуатировавшиеся в агрессивной среде, пришли в аварийное состояние и восстановлению не подлежат. Все это приводит к весьма значительным потерям удобрений. Поэтому требуются новые проектные решения в строительстве более дешевых складов по типу складов логистических центров со специальными устройствами для разгрузки удобрений на ровных прирельсовых площадках из вагонов-хопперов, которых в год задействуется около 60 тыс. единиц.

Не менее проблемной является ситуация с хранением зерна в сельхозпредприятиях республики. Львиная доля (почти 90 %) складов в хозяйствах – амбарного типа. Только немногим более 11 % хранилищ – металлические бункеры. Использование последних по сравнению с амбарными складами позволяет исключить потери зерна при хранении до 5 % и снизить ежегодные затраты на погрузочно-разгрузочные работы в 6–7 раз.

Кроме озвученных выше, в нашем сельском хозяйстве существует множество других острых проблем. А поскольку решить их все одновременно не представляется возможным, то аграрная наука должна проранжировать по критерию государственной значимости существующие проблемы, с тем чтобы руководство АПК, концентрируя на важнейших направлениях интеллектуальные, финансовые, материальные и иные ресурсы, решало их поочередно, полностью и в кратчайшие сроки.

Таким образом, первейшая задача аграрной науки, на наш взгляд, – ранжировать проблемы с точки зрения народнохозяйственной значимости, решать их в рамках своих компетенций, доводить до сведения результаты исследований правительству.

Чиновникам и управленцам надо бы чаще обращаться к наработкам белорусских ученых, то есть использовать отечественные знания, разработки и способствовать их внедрению.

Аграрной науке необходимо заявлять в государственные научно-технические программы и разрабатывать комплексные проекты, конечной целью которых должна быть ликвидация практических проблем, имеющих место в сельскохозяйственном производстве. Ныне существующим

НИИ различных научно-практических центров по отдельности справиться с такой задачей проблематично, если вообще возможно. Объединять усилия нужно еще и потому, что в последнее время научные кадры стремительно молодеют, а практические знания, опыт приобретаются ими, естественно, не так быстро, как хотелось бы, – необходима помощь старших.

В этой связи представляется целесообразным создать при Отделении аграрных наук НАН Беларуси хотя бы на общественных началах координационно-консультативный, если хотите, проблемный совет, в обязанности которого, в частности, должно входить обоснование приоритетных направлений НИР, ОКР по решению государственно значимых проблем, определение головных исполнителей конкретных заданий и соисполнителей соответствующего профиля.

Деятельность такого совета представляется чрезвычайно важной еще и потому, что его поддержка позволит сократить срок и облегчить заявителю проекта задания прохождения, на наш взгляд, неоправданно громоздкой процедуры рассмотрения, согласования и утверждения данного проекта различными организациями, ведомствами, экспертными советами и отдельными рецензентами. В эту процедуру вовлекаются многие десятки человек, из которых обычно только несколько бывают в теме.

В состав такого совета, конечно же, должны войти известные ученые-аграрии с активной жизненной позицией, компетентные не только в сфере аграрной науки, но и имеющие практический производственный опыт.

Литература

1. Мониторинг земель // РУП «Бел НИЦ «Экология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/uploads/archive/Book2015/1-soil-25-11.pdf>. – Дата доступа: 28.03.2017.
2. Степук, Л. Я. Энергосбережение: виртуальность и реалии / Л. Я. Степук // Беларус. нива. – 2008. – 4 марта. – С. 5, 11 марта. – С. 4, 18 марта. – С. 3.
3. Хлепитько, М. Низкое качество сельхозтехники на российском рынке от безответственности производителя / М. Хлепитько // Наше сельское хозяйство. – 2009. – № 9. – С. 73.
4. Степук, Л. Я. Время собирать камни. Размышления о приоритетах в сельхозмашиностроении Беларуси / Л. Я. Степук // Агробаза. – 2007. – № 12. – С. 58–60.
5. Маринич, Л. А. Инновационный подход к решению проблемы технического обеспечения сельского хозяйства Республики Беларусь / Л. А. Маринич, Л. Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 10–16.
6. Карпович, С. К. Не найдем денег на техремонт, потеряем больше / С. К. Карпович // Сельская газета. – 2016. – № 137. – С. 5.
7. Гусаков, В. Г. Ресурс земли / В. Г. Гусаков, В. К. Павловский // Белорусская нива. – 2010. – 28 сентября. – С. 7.
8. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В. Г. Гусаков [и др.]; под ред. В. Г. Гусакова; НАН Беларуси, Министерство сельского хозяйства Республики Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 108 с.

А. А. Завражнов¹, к. т. н., доц., **А. И. Завражнов²**, д. т. н., проф., академик РАН,
В. Ю. Ланцев², д. т. н., доц.

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина»,
г. Мичуринск, Тамбовская обл., Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,
г. Мичуринск, Тамбовская обл., Российская Федерация
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЛИК СОВРЕМЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО САДОВОДСТВА РОССИИ. КОНЦЕПЦИИ, ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ

Авторами статьи сформированы основополагающие концепции и принципы, определяющие научно-технологический облик современного промышленного садоводства.

Ключевые слова: промышленное садоводство, локальный мониторинг, «Интернет вещей», большие данные, облачные вычисления, роботизированные мобильные комплексы, интеллектуальное управление, «Умный Сад», «Цифровой Сад», «Виртуальный Сад».

A. A. Zavrazhnov¹, A. I. Zavrazhnov², V. Y. Lantsev²

¹ Federal state budget Scientific Institution «Federal scientific center of I. V. Michurin»,
Michurinsk, Tambov region, Russian Federation

² Federal state budget educational institution of higher education «Michurinsk state agrarian university»,
Michurinsk, Tambov region, Russian Federation
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL APPEARANCE OF THE MODERN INDUSTRIAL GARDENING OF RUSSIA. CONCEPTS, PRINCIPLES AND TASKS

The authors of the article formed the basic concepts and principles that determine the scientific and technological appearance of modern industrial gardening.

Keywords: industrial gardening, local monitoring, Internet of things, large data, cloud computing, robotic mobile complexes, intelligent control, Smart Garden, Digital Garden, Virtual Garden.

Доктрина продовольственной безопасности и Стратегия научно-технологического развития России определили приоритеты в части промышленного садоводства, ключевыми моментами которых являются рост эффективности и продуктивности, обеспечивающие в кратчайшие сроки увеличение производства плодово-ягодной продукции и устойчивую импортнезависимость отрасли.

Несмотря на большие достижения в использовании новых технологий и высокие производственные показатели в лучших плодовых хозяйствах, в целом в садоводстве страны значительных достижений не наблюдается.

До настоящего времени основной вклад в рост эффективности и продуктивности промышленного садоводства был связан с внедрением узкоспециализированных агротехнологий, специальной сельскохозяйственной техники (разработанной и изготовленной по традиционным технологиям), применением удобрений и гербицидов направленного действия и т. п.

Сегодня же прорывы в этой сфере промышленного садоводства связаны с реализацией компетенций, обеспечивающих внедрение передовых производственных технологий, в которых широко используются компьютерные, интеллектуальные, высокоточные и информационные компоненты, интегрированные с системой «умного» управления производственными процессами в садоводстве.

Данный подход создает производственно-технологическую систему, сочетающую в себе преимущества массового производства и в то же время гибко настроенную на необходимый в дан-

ный момент объем выпуска, обладающую высокой степенью кастомизации (персонализации) с целью быстрого реагирования на потребности рынка. И самое главное – адаптированную и настроенную на преодоление проблем и вызовов промышленного садоводства на современном этапе.

В области инженерного и технико-технологического обеспечения промышленного садоводства основным вызовом является развитие принципиально новых сервисов на базе активно формирующейся инфраструктуры «Интернета вещей», облачных вычислений, «умных» технологий, технологий точного земледелия, мониторинга и диагностики фитосостояния растений, роботизированной техники.

В настоящее время в высокотехнологичных и наукоемких отраслях промышленности достигнут весьма высокий уровень интеллектуализации технологических и производственных процессов.

Авторы статьи принимают тезис об инвариантности и универсальности современных интеллектуальных технологий и возможности эффективно их адаптировать в сельском хозяйстве.

В связи с этим основной научной проблемой развития промышленного садоводства является разработка единой целеполагающей информационной модели, принципов и подходов, позволяющих адаптировать высокие технологии к специфике промышленного садоводства.

Реализация единой модели, принципов и подходов будет отображена в форматах программно-аппаратного обеспечения системы адаптивного и интеллектуального управления технологическими и производственными процессами в промышленном садоводстве.

Модели, принципы и подходы будут являться основой баз данных и баз знаний в системах адаптивного и интеллектуального управления, которые лягут в основу разработки научно-технологического задела и формирования комплекса ключевых компетенций, обеспечивающих интеграцию знаний по интеллектуальному управлению производственными процессами, передовыми производственными технологиями и бизнес-моделями для их распространения и тиражирования в качестве «Умных Садов».

Актуальность внедрения в промышленное садоводство элементов передовых производственных технологий подтверждается «Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. за № 642, в которой одними из основных приоритетов обозначены переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

Актуальность внедрения передовых производственных технологий также обозначена в постановлении Правительства РФ от 18.04.2016 г. за № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы».

Однако реализация промышленного садоводства как высокотехнологичной индустриальной отрасли сдерживается рядом причин:

- Продолжительными по времени жизненными циклами вегетационных, технологических и производственных процессов. Так, жизненные циклы плодов и плодовой продукции в целом (от процессов «индукции» и «инициации» почек до процессов уборки, хранения и реализации качественной готовой продукции) имеют продолжительность до 2 лет, а жизненные циклы промышленных садов имеют продолжительность до 40–50 лет для экстенсивных садов и до 15 лет – для интенсивных и суперинтенсивных садов.

- Спецификой инженерного обеспечения, определяющей весьма широкий ассортимент машин и оборудования для выполнения технологических процессов и операций. При этом потребный парк машин ограничивается их небольшим количеством (зачастую единственными экземплярами), что снижает заинтересованность больших высокотехнологичных предприятий-изготовителей в производстве высокоэффективной техники для промышленного садоводства.

- Историческими и национальными особенностями отечественного садоводства, определяющего парадигму развития промышленного садоводства как нечто, связанное главным образом с агробиологическими, агротехнологическими и производственными особенностями садов.

- Демографической и кадровой ситуацией, определяющей острую нехватку квалифицированных работников, имеющих знания и опыт работы в сфере передовых производственных тех-

нологий. Эти вполне объективные причины привели к тому, что на настоящий момент отечественное садоводство по своей сути является весьма консервативной областью растениеводства, менее всего восприимчивой/адаптированной к внедрению инноваций в сфере инженерного обеспечения и технологизации.

Данный факт предопределяет значительный разрыв между традиционными схемами производственной и технологической деятельности в отечественном промышленном садоводстве и стремительно развивающимися передовыми производственными технологиями в наукоемких отраслях.

Работами авторов статьи объективно доказано, что современное промышленное садоводство относится к разряду сверхсложных систем (включающих кроме биологических, агротехнологических, производственных и технико-технологических составляющих еще и информационные, коммуникационные, интеллектуальные, организационные, логистические, финансовые, социальные и другие компоненты), для реализации которых наиболее эффективны технологии и методы информационных технологий, системной инженерии и бизнес-моделирования.

В связи с этим задача разработки и формирования научно-технологического задела и компетенций, определяющих облик современного промышленного садоводства на основании интеграции знаний по интеллектуальному управлению производственными процессами, передовыми производственными технологиями и бизнес-моделями, является вполне актуальной и своевременной.

Авторами статьи сформированы основополагающие концепции и принципы, определяющие научно-технологический облик современного промышленного садоводства, а именно:

1. Известно, что в основе интеллектуального («умного») производства лежат разветвленные сенсорные сети. Для растениеводства в общем и садоводства в частности это – система комплексного мониторинга, оснащенная датчиками и анализаторами контактного и бесконтактного действия.

2. В основе модели «умного» производства в садоводстве принята концепция использования микроскопических сенсоров (датчиков и чипов) контактного действия и лазернооптических сенсоров бесконтактного действия, которые обеспечат проведение непрерывного комплексного мониторинга на локальном уровне.

3. Локальный уровень мониторинга и фитодиагностики позволит контролировать состояние каждого плодового растения (саженца или дерева) в отдельности, учитывать его потребность во влаге, элементах питания, знать наличие патогенов и вирусов, заболеваемость на всем протяжении его жизненного цикла.

4. Новая система локального мониторинга определяет методику 3D-сканирования всего плодового растения путем размещения или позиционирования датчиков в его различных частях (в диапазоне корневой системы, штамба и разных участков кроны).

5. Принцип локального мониторинга также распространяется на периоды «индукции» и «инициации» почек плодового растения и позволяет проводить мониторинг соотношения листовой массы и плодов, что в итоге позволит управлять периодичностью плодоношения.

6. Локальные сенсорные технологии подразумевают при этом широкое использование роботизированных мобильных платформ и манипуляторов. Причем следует отметить, что современный интенсивный сад полностью позволяет использовать данное оборудование со значительным энергосбережением путем использования уже установленных шпалер.

7. Использование «шпалерной инфраструктуры» при применении роботизированных систем позволяет перейти к «безлюдным технологиям» на большинстве технологических операций в промышленном садоводстве.

8. Следует отметить, что в отличие от сенсорных технологий точного земледелия, получивших наибольшее распространение в полеводстве и позволяющих анализировать размеры участков в диапазоне от 0,3 до 30 га, технология локального мониторинга оперирует с каждым плодовым растением индивидуально в линейных диапазонах от 0,001 до 1 м, что значительно повышает точность и эффективность управления его производственными и биологическими процессами.

9. Модель (сценарий) развития систем локального мониторинга в представленном проекте подразумевает несколько вариантов развития:

- использование мобильных роботизированных платформ (роботов-разведчиков) с системой датчиков и анализаторов, установленных на роботы-манипуляторы для локального мониторинга в пределах плодового квартала (сада) или для 3D сканирования каждого плодового растения в отдельности;

- использование шпалер-сенсоров с мультидатчиками, установленных в разных частях плодового квартала (сада);

- использование вживленных датчиков-чипов в различных частях плодового растения, что позволит в будущем перейти к технологиям «самомониторинга/самодиагностики плодовых растений» и автоматизированному управлению фитосостоянием каждого плодового растения в отдельности.

10. Обмен данными и управление системами локального мониторинга, технологическими и производственными процессами осуществляется на основе «Интернета вещей», облачных вычислений, семантической, структурной и технической интероперабельности.

11. Использование технологий локального мониторинга с использованием элементов робототехники обозначено авторами статьи как «Умный Сад».

12. Анализ и интеллектуальное управление технологическими и производственными процессами «Умного Сада» осуществляется на основании цифровой и виртуальной моделей. Модель «Цифрового Сада» определяет кортежи цифровых аналогов плодовых кварталов (садов) и непосредственно цифровых аналогов плодового растения на всех этапах жизненного цикла. Модель «Виртуального Сада» определяет объединение в единую сеть всех этапов технологических и производственных процессов. Продуктом «Виртуального Сада» является виртуальная модель всех производственных, технологических, производственных, организационных и логистических процессов производства и реализации плодовой продукции.

Представленные концепции и принципы определяют конкретные направления и задачи при разработке научно-технологического облика и формирования ключевых компетенций, адекватно имитирующих весь спектр процессов и технологий современного промышленного садоводства, а именно:

1. Модельная архитектура «Умного Сада». Структурно-функциональная схема.

2. Нормативные документы, обозначенные как («Умный Сад». Эталонная структура. «Интернет вещей». Большие данные. Интероперабельность систем) и гармонизированные со стандартами ИСО/МЭК.

3. Принципы и модели локального мониторинга с использованием микродатчиков и чипов при контактном действии и лазерно-оптических технологий при бесконтактном действии.

4. Система критериальных показателей состояния плодового растения в разные периоды его жизненного цикла.

5. Методики локального гистологического и цитологического мониторинга генеративной сферы плодовых растений.

6. Интегральные и комплексные показатели и критерии локального мониторинга.

7. Схемы тактильно-силовых и позиционных движений роботизированного инструмента при манипуляциях с плодовым растением в системе локального мониторинга.

8. Технологии и схемы выращивания посадочного материала (саженцев и семян) плодовых и ягодных культур в формате «Умного Сада».

9. Технологии и схемы тактильно-силовых и позиционных движений роботизированного инструмента при проведении «зеленых операций» (прищипке, кронировании, обломке и др.) в формате «Умного Сада».

10. Схемы формирования оптимальных сорто-подвойных комбинаций при проектировании архитектуры «Умного Сада».

11. Конструкции (3D-карты) садов интенсивного и суперинтенсивного типа в зависимости от климатических и ландшафтных условий в формате «Умного Сада».

12. Технологии и схемы роботизированного формирования требуемой конструкции кроны плодового дерева в формате «Умного Сада».

13. Процессы и схемы управления трансформацией вегетативных почек в цветковые (индукция цветения) в форматах локального мониторинга и «Умного Сада».
14. Процессы и схемы управления развитием цветковых почек (инициация цветка).
15. Процессы и схемы стимулирования образования завязей (поддержка ауксин-этиленового баланса).
16. Процессы роста плодовых деревьев и их схемы в формате 3D+время.
17. Схемы управления ростовыми процессами плодовых растений в формате «Умного Сада».
18. Локальный и комплексный мониторинг и схемы управления минеральным питанием плодового растения.
19. Технологии мониторинга и схемы борьбы с вредителями и болезнями плодового дерева.
20. Технологии и схемы экологического мониторинга выполнения технологических операций.
21. Схемы управления периодичностью плодоношения и нагрузкой урожаем (сочетание листьев и плодов).
22. Схемы управления качеством товарных плодов (калибр, окраска, привлекательность, лежкоспособность, транспортабельность, внешний вид и др.).
23. Процессы и схемы локального и комплексного мониторинга созревания и сбора плодов в формате «Умного Сада».
24. Принципы и модели «Цифрового Сада» и «Виртуального Сада».

Выводы

Решение и реализация представленных концепций, принципов и задач позволит сформировать новую парадигму технико-технологического и инженерного обеспечения отечественного промышленного садоводства, реализующую интеграцию знаний по интеллектуальному управлению производственными процессами, передовыми производственными технологиями и бизнес-моделями для их распространения и тиражирования в качестве «Умных Садов».

Литература

1. Zavrazhnov, A. I. Modern industrial horticulture as the managed information and technological system / A. I. Zavrazhnov, A. A. Zavrazhnov, V. Y. Lantcev, Y. V. Trunov // Ecology, Environment and Conservation. Vol. 22. Dec. 2016 Suppl. Issue. – Pp. 173–177.
2. Завражнов, А. И. Реализация инженерного обеспечения отечественного промышленного садоводства в формате Unit production и международных стандартов ISO / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 3. – С. 77–80.
3. Завражнов, А. И. Система стандартов ISO в мелкосерийном производстве садовой техники / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов // Задачи МИС Минсельхоза России в технической и технологической модернизации сельскохозяйственного производства. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2012. – С. 102–108.
4. Завражнов, А. А. Синергетические принципы построения машинных технологий для интенсивного садоводства / А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы V международной научно-практической конференции. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – С. 358–370.

Н. Г. Бакач, к. т. н., доц., **А. В. Рисевец**

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ПУТИ СТАНОВЛЕНИЯ АГРОИНЖЕНЕРНОЙ НАУКИ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА НАН БЕЛАРУСИ ПО МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (Часть 1)

Проанализированы пути развития механизации сельского хозяйства на научной основе. Приведены данные формирования белорусской научно-исследовательской школы агроинженерной науки и этапы становления научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства в Республике Беларусь.

Ключевые слова: сельское хозяйство, механизация, агроинженерная наука, машины, исследования.

M. G. Bakach, A. V. Risiavets

WAYS OF FORMATION OF AGRICULTURAL SCIENCE AND OF THE SCIENTIFIC AND PRACTICAL CENTER OF THE NAS OF BELARUS FOR AGRICULTURAL MECHANIZATION (Part 1)

The ways of development of agriculture mechanization on a scientific basis are analyzed. The data of formation of the Belarusian scientific-research school of agricultural science and the stages of creation of scientific research Institute for agriculture mechanization of the Republic of Belarus.

Keywords: agriculture, mechanization, agricultural engineering science, machines, researches.

Основой обеспечения продовольственной безопасности любой страны является агропромышленный комплекс, при этом интеллектуальным ядром формирования его технической политики является агроинженерная наука.

Сельское хозяйство является древнейшим видом производственной деятельности человека и существует уже двенадцать тысячелетий, однако почти до XIX века эта отрасль производства была самой отсталой в техническом отношении. Лопата, серп, коса, тяпка, соха, вилы, грабли, примитивная жатка – пожалуй, этими простейшими орудиями, появившимися еще в глубокой древности, и исчерпывалась механизация сельского хозяйства.

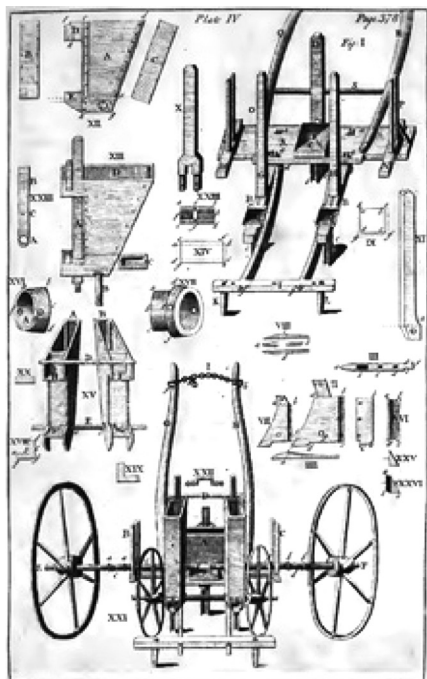


Рисунок 1. – Рядовая сеялка Джетро Талла

За прошедшие века радикально изменялись формы организации производства – на смену индивидуальному труду ремесленников приходило цеховое производство, за ним – производство мануфактурное, а в последней четверти XVIII века началось промышленное производство, изменившее темпы и масштабы технического прогресса, в том числе и в области сельскохозяйственной техники.

Одним из первых научных теоретиков сельского хозяйства был английский агротехник и изобретатель Джетро Талл, который ратовал за введение «конно-мотыжного земледелия» (англ. horse-hoeing husbandry), настаивая на необходимости посадки сельскохозяйственных культур ровными рядами, а в 30-х годах XVIII века изобрел рядовую сеялку (рисунок 1). Инновации Талла сформировали технический фундамент современного сельского хозяйства.

Даже сейчас, спустя почти 300 лет, современные рядовые сеялки работают по принципу Талла и обеспечивают 90 % всех посевов в мире.

Впервые о какой-то целенаправленной работе по техническому обеспечению сельскохозяйственного производства

в России можно говорить, начиная с 1766 года, когда с одобрения императрицы Екатерины II было основано Вольное экономическое общество (ВЭО), которое объявляло конкурсы на создание образцов новой техники и издавало журнал «Труды императорского Вольного экономического общества», где публиковались сведения о путях совершенствования сельскохозяйственных орудий [1].

В 1837 году для изучения вопросов сельского хозяйства и подготовки научных кадров, координации работ опытных станций при Министерстве государственных имуществ был организован сельскохозяйственный Ученый комитет [2], а в марте 1894 года при нем было создано Бюро по сельскохозяйственной механике. Кроме того, для испытаний передовой техники, поступающей из многих стран мира, в 1869 году в Петербурге был создан Императорский сельскохозяйственный музей. Большое значение в развитии производства сельскохозяйственной техники имели также выставки-испытания сельскохозяйственных машин и орудий, проходившие под Москвой на Бутырском хуторе с 1892 по 1910 годы.

Однако русский основоположник науки о сельскохозяйственных машинах В. П. Горячкин писал: «Сельскохозяйственное машиностроение, находясь в руках практиков, не имеет под собой научной почвы. До сих пор не существовало ни одной книги ни на русском, ни на иностранных языках по изучению конструктивных форм и расчета сельскохозяйственных машин и орудий. Поэтому общий уровень сельскохозяйственного машиностроения очень низок и производит грустное впечатление». В связи с этим В. П. Горячкин в 1897–1898 годах создает курс лекций под названием «Учение о сельскохозяйственных машинах и орудиях» и публикует свои труды «Отвал», «Бороны», «Веялки», «Сортировки», «Жатвенные машины», где раскрывает законы механики, на которых основано действие машин, и впервые пытается теоретически решить, каким требованиям должно отвечать устройство земледельческой машины. На основе этих трудов родилась новая наука, названная В. П. Горячкиным «Земледельческая механика», на современном языке – «Агроинженерная наука».

И уже с 1911 года началась научно-исследовательская работа на кафедрах вузов и агрономических школ в области создания новой сельскохозяйственной техники. В 1913 году открывается Московская испытательная станция (МИС), руководителем которой был назначен В. П. Горячкин.

Однако Первая мировая война (1914–1918 годы), Октябрьская революция (1917 год) и Гражданская война (1917–1923 годы) приостановили развитие научных исследований в области механизации сельского хозяйства.

Только лишь в 1927 году появление крупных коллективных хозяйств, образование которых было определено на XV съезде Всесоюзной коммунистической партии (большевиков) (ВКП (б)), где был провозглашен курс на коллективизацию сельского хозяйства, обусловило необходимость создания соответствующей сельскохозяйственной техники. Для ее разработки в 1928 году создается ряд научно-исследовательских институтов, одним из которых был Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной механики (*в 1931 году реорганизован во Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ)*) [3]. Для координации работ институтов постановлением Совета Народных Комиссаров Союза Советских Социалистических Республик (СНК СССР) от 25 июня 1929 года была организована Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ) [3].

В 1930 году в Ленинграде создается Всесоюзный институт механизации обобщественного сельского хозяйства, который в том же году был переведен в Москву (*с 1931 года переименован во Всесоюзный НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ)*) [3]. В этом же году в Минске открывается Белорусское отделение ВИМЭ, на базе которого в 1933 году была организована Белорусская научно-исследовательская станция механизации сельского хозяйства, занимавшаяся проблемами эффективного использования средств механизации в природно-производственных условиях хозяйств республики.

Создание научно-исследовательских институтов аграрного профиля позволило в период двух первых предвоенных пятилеток (1929–1938 годы) провести реконструкцию сельского хозяйства СССР, и уже к 1938 году на основе разработанной новой техники 71,5 % пахоты произво-

дилось тракторами, а остальные 28,5 % – улучшенными конными плугами, тогда как в 1928 г. тракторная пахота составляла всего лишь 1 %. Анализируя данные о технической вооруженности МТС и совхозов за 1938 год, на XVIII съезде ВКП(б) И. В. Сталин заявил: «... реконструкция нашего земледелия на основе новой, современной техники уже завершена в основном».

Но Вторая мировая война (1939–1945 годы) прервала научную созидательную деятельность и снабжение сельского хозяйства новыми машинами. Уже после завершения войны в целях ликвидации ее последствий и дальнейшего развития технической базы сельского хозяйства Законом о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства на 1946–1950 годы было предусмотрено «...восстановить и обеспечить дальнейший рост механизации полевых сельскохозяйственных работ, для чего: обеспечить сельское хозяйство тракторами и сельскохозяйственными машинами, необходимыми для применения передовой агротехники обработки почвы, ухода за растениями, уборки урожая».

Для решения данных задач в Минске возобновляет деятельность Белорусская научно-исследовательская станция механизации сельского хозяйства, за которой постановлением Совета Министров Белорусской ССР от 26 августа 1944 года сохраняются земельный участок, все постройки, имущество и оборудование, принадлежавшие ей до Великой Отечественной войны. А в структуре Академии наук БССР на основании постановления Совета Министров Белорусской ССР от 03 августа 1946 года № 1450 в январе 1947 года создается Институт механизации сельского хозяйства.

В целях скорейшего развития деятельности Института механизации сельского хозяйства Академии наук БССР и коренного улучшения работы Белорусской научно-исследовательской станции механизации сельского хозяйства во исполнение постановления Совета Министров Белорусской ССР от 25 октября 1947 года «О работе Института механизации сельского хозяйства Академии наук Белорусской ССР» объединяется руководство Институтом механизации сельского хозяйства Академии наук БССР и Станцией механизации сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства БССР. Директором назначается доктор технических наук, профессор Михаил Ефремович Мацепуро.

Это событие имело и социально-экономическое значение, ведь только закончилась война, требовалось возобновление производства на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве, где намечались крупномасштабное освоение заболоченных земель, специализация и концентрация сельскохозяйственного производства, дальнейшее укрепление колхозной и совхозной систем. Поэтому создание Института механизации сельского хозяйства заложило основу проведения крупных аграрно-инженерных исследований в республике.

Первые исследования, проводимые в институте, были направлены на механизацию агромеристивных работ, улучшения сельскохозяйственных угодий, возделывания и уборки зерновых культур и льна. Кроме того, проводились исследования по обоснованию научных принципов эффективного использования сельскохозяйственной техники, а также по созданию комплектного оборудования для механизации трудоемких процессов в свиноводстве.

За разработанный комплекс машин для освоения заболоченных и закустаренных земель коллективу института в 1951 и 1952 годах присуждается Государственная премия СССР.

Вместе с тем отсутствие необходимой материально-технической базы для изготовления и испытания опытных образцов машин сдерживало темпы научных разработок и объемы проводимых научных исследований. Поэтому по инициативе М. Е. Мацепуро в начале 50-х годов строится цех для изготовления экспериментальных машин и создается Западная машиноиспытательная станция (*в настоящее время ГУ «Белорусская МИС»*), которая первые годы входила в состав института.

Параллельно институт начинает заниматься исследованиями в области электрификации сельского хозяйства, и 16 июня 1951 года он переименовывается в Институт механизации и электрификации сельского хозяйства Академии наук БССР (*с 24 января 1957 года переходит в подчинение Академии сельскохозяйственных наук БССР, а с 6 июня 1961 года – Министерства сельского хозяйства*).

Можно считать, что революционный прорыв произошел в 1953 году, когда на смену устаревшим прицепным комбайнам пришли самоходные комбайны С-4 и С-4М (рисунок 2). Развернувшаяся в 60-х годах комбайнизация уборки зерновых потребовала новых подходов к решению проблем уборки и утилизации пожнивных остатков – соломы и половы. На комбайнах вместо соломонабивателей были установлены более мощные подпрессовщики вальцового типа, обеспечивающие повышение объемной массы копен в 2–3 раза, что улучшало их транспортность. Одновременно был разработан и самонагружающийся стогавоз.



Рисунок 2. – Самоходный комбайн С-4М

Много исследований проводилось и создавалось машин в аналогичных институтах других республик Советского Союза. Однако, несмотря на достигнутые успехи, уровень механизации сельскохозяйственных работ оставался недостаточным. Сентябрьский пленум Центрального комитета Коммунистической партии Советского Союза (ЦК КПСС) в 1953 году поставил новые задачи: довести уровень механизации работ в среднем до 50–65 %. В соответствии с его решениями на каждую пятилетку начали разрабатывать проекты Системы машин, которые следует разрабатывать и осваивать выпуск машин для нужд сельского хозяйства страны.

Но и в 1958 году на декабрьском пленуме ЦК КПСС также отмечаются недостатки в области механизации сельскохозяйственных работ. В его постановлении указывается на необходимость «ускорить работы по созданию систем машин для комплексной механизации возделывания хлопчатника, сахарной свеклы, картофеля, овощей, льна, табака, а также системы машин для обработки и ухода за садами и виноградниками» [4].

В связи с новыми задачами в Институте механизации и электрификации сельского хозяйства Академии наук БССР создаются дополнительно новые лаборатории в области механизации возделывания технических культур и картофеля, механизации ферм крупного рогатого скота и технологических проблем животноводства.

Проводимые в институте многоплановые экспериментально-теоретические исследования в области земледельческой механики сред и материалов, теории сельскохозяйственных машин и их рабочих органов, создании тяговой энергетики, мобильного транспорта, погрузочно-разгрузочных работ, ходовых систем и проходимости машин, несущих способностей почв, эксплуатации машинно-тракторного парка, надежности и долговечности сельскохозяйственных машин способствовали развитию сельскохозяйственного производства страны и подготовке научных кадров. Широкая известность разработок института привлекала в аспирантуру молодежь из Грузии, Азербайджана и Прибалтийских республик. По сути, институт стал кузницей подготовки ученых агроинженерного профиля не только для Белорусской ССР, но и других республик. Все это дало право на преобразование института в Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР Министерства сельского хозяйства БССР (ЦНИИМЭСХ), которое произошло 10 октября 1961 года, институтом продолжил руководить академик М. Е. Мацепуро.

Много исследований проводилось и в области механизации процессов животноводства. За период с 1961 по 1964 годы выполняются исследования и внедряются предложения по механизации приготовления и хранения комбисилосов из сахарной свеклы, моркови, кукурузы и других кормов, разрабатываются первые экспериментальные и опытные образцы машин по раздаче кормов и удалению навоза, а также сельскохозяйственного водоснабжения.

Созданную в 1964 году лабораторию автоматизации и моделирования сельскохозяйственных агрегатов в возрасте 33 лет возглавил кандидат технических наук Игорь Станиславович Нагорский (он один из первых в Беларуси начал систематически применять при проведении исследований аналоговые вычислительные машины), под его руководством были освоены методы решения инженерных задач на основе анализа динамических систем, разработаны вопросы статистической динамики систем автоматического управления сельскохозяйственными агрегатами,

созданы средства автоматизации технологических процессов зерноуборочных комбайнов, оптимизации режимов загрузки двигателей энергонасыщенных тракторов, автоматического вождения корнеклубнеуборочных машин, выполнены экспериментально-теоретические исследования и разработаны положения по проектированию систем управления мобильными сельскохозяйственными машинами, работающими в условиях нестационарных случайных воздействий, разработаны научные основы исследования динамики таких систем методами математического моделирования.

В 1965 году директором ЦНИИМЭСХ был назначен Михаил Михайлович Севернев, уделивший большое внимание определению перспективных путей развития научного поиска во всех отраслях сельскохозяйственного производства, формированию школы специалистов по проблемам надежности и долговечности машин, работающих в агрессивных сельскохозяйственных средах. Соответственно, создаются в институте и лаборатории в данных направлениях.

С 7 сентября 1971 года институт входит в состав Всесоюзной ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (ВАСХНИЛ), являясь ее Западным отделением (с 4 октября 1988 года – *Западное региональное отделение ВАСХНИЛ*), на которое была возложена координация работы научно-исследовательских институтов сельскохозяйственного профиля Белоруссии и Прибалтийских республик.

В 1972 году в институте разрабатывается концепция перевода свиноводства на промышленную основу с полной механизацией и автоматизацией технологических процессов, а также ведется разработка Системы машин для Нечерноземной зоны СССР. В 1975 году была утверждена Система машин для всех отраслей сельского и лесного хозяйства СССР на 1975–1980 годы. Система машин комплексной механизации растениеводства включала 1522 технических средства.

Разработки института были широко известны на территории Советского Союза. Высокий уровень разработок был признан и за рубежом. Так, под руководством заведующего лабораторией механизации процессов производства молока и говядины доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни, являющегося основателем белорусской школы по изучению теории измельчения материалов лезвием с встречным резанием и смешивания волокнистых материалов в смесителях вертикального типа, был создан ряд комплексов и отдельных машин для приготовления кормосмесей и измельчения грубых кормов и другие машины, из которых измельчитель-смеситель кормов ИСК-3 был отмечен золотой медалью на Международной выставке в г. Брно, а комплект оборудования КОРК-15 поставлялся на Кубу и в Алжир. Всего серийно было изготовлено более 200 тыс. единиц различных машин.

Однако, несмотря на успехи института, и в следующее десятилетие комплексная механизация сельскохозяйственного производства СССР не была достигнута. 80-е годы выявили ряд проблем, требовавших серьезных принципиальных решений. Одной из них явился упор на выпуск техники, предназначенной для работы в крупных хозяйствах на больших посевных площадях. Потребности мелких хозяйств не учитывались.

В 1983 году на должность директора института назначается Игорь Станиславович Нагорский. При непосредственном участии И. С. Нагорского на базе ЦНИИМЭСХ 9 марта 1984 года создается научно-производственное объединение (НПО) «Белсельхозмеханизация» Министерства сельского хозяйства БССР (с 1 января 1986 года – *НПО «Белсельхозмеханизация» Государственного агропромышленного комитета БССР (Госагропром)*, с 19 сентября 1991 года – *НПО «Белсельхозмеханизация» Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь*), первым генеральным директором которого он и становится. Начинается новый этап развития и создания сельскохозяйственной техники.

Продолжение следует.

Литература

1. Каменский, А. Б. Россия в XVIII веке / А. Б. Каменский. – М.: АСТ Астрель, 2006. – 190 с.
2. Советский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1981. – 1600 с.
3. Наука и техника СССР, 1917–1987. Хроника / Председатель ред. коллегии Г. К. Скрыбин. – М.: Наука, 1988. – 759 с.
4. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. – М.: Госполитиздат, 1971. – Т. 7. – С. 346–369.

В. И. Кравчук, д. т. н., проф., чл.-кор. НААН Украины, **В. Г. Гусар**, к. т. н.

*ГНУ «Украинский научно-исследовательский институт прогнозирования и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого»,
п. г. т. Дослідницьке, Киевская обл., Украина*

АГРОИНЖЕНЕРИЯ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В статье рассмотрена роль агроинженерной науки в современных условиях развития человечества в обеспечении продовольственной безопасности и безопасности продовольствия. Обозначены основные тенденции развития сельскохозяйственной техники и оборудования.

Ключевые слова: агроинженерия, евроинтеграция, прогнозирование сельскохозяйственного производства, продовольственная безопасность, сельскохозяйственная техника, тенденции развития.

V. I. Kravchuk, V. G. Gusar

State Institution «Ukrainian Research Institute of Forecasting and testing of equipment and technologies for agricultural production named after Leonid Pogorely», Doslidnitskoe, Kiev region, Ukraine

AGROENGINEERING: AIMS AND OBJECTIVES OF RESEARCHES AT THE MODERN STAGE

The article discusses the role of agroengineering science in the current conditions of human development, ensuring food security and safety. Outlines the main trends in the development of agricultural machinery and equipment.

Keywords: agroengineering, eurointegration, forecasting of agricultural production, food security, agricultural machinery, development trends.

Суть проблемы

Достигнутые показатели развития сельскохозяйственного производства путем интенсификации и индустриализации, с одной стороны, и отсутствие системной экологической парадигмы развития человечества – с другой, порождают во всем мире пессимистические настроения относительно дальнейшего развития агроинженерии. Вместе с тем рост населения, уменьшение посевных площадей (рисунок 1) и изменение климата побуждают к более тщательным разработкам

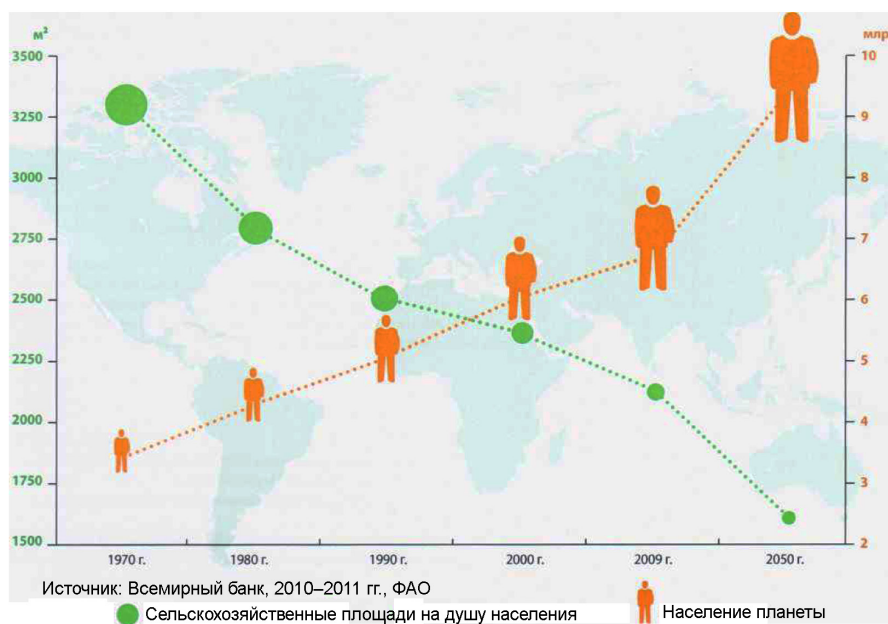


Рисунок 1. – Динамика изменения численности населения планеты и размера сельскохозяйственных угодий на душу населения в течение 1970–2050 гг. [1]

технико-технологических решений с целью обеспечения как продовольственной безопасности, так и безопасности продовольствия [1, 2].

Изложение основного материала

На современном этапе развития важность механизации сельского хозяйства для человечества заключается в следующем [1]:

1. Классическая роль: механизация растениеводства и животноводства, хранения и переработки продукции, чтобы стабильно кормить мир, даже в 2050 году.

2. Экологическая роль: механизация добычи сырья, производство чистой энергии и поддержание ландшафта, чтобы защитить планету и ее ресурсы.

3. Стратегическая роль: механизация сельского хозяйства, чтобы высвободить рабочие руки для развития других отраслей народного хозяйства, достижение благополучия и процветания.

При этом сельскохозяйственная техника является движущей силой развития человечества, поскольку [1]:

а) улучшает все аспекты сельского хозяйства:

- производительность;
- качество продуктов;
- стабильность развития;
- окружающую среду;
- энергоэффективность;
- безопасность и комфорт;
- управление производством;

б) удовлетворяет все возрастающие потребности со все более бедными ресурсами:

один фермер кормил:

в 1900 году – 2,5 человека;

в 1960 году – 25 человек (0,70 га/человека);

в 2011 году – 145 человек (0,48 га/человека).

С учетом динамики изменения численности населения планеты и площадей сельскохозяйственных угодий на душу населения (рисунок 1) по результатам открытого заседания Клуба Болоньи 21 сентября 2015 г. в г. Милане (Италия) под девизом «Механизация агропроизводства накормит мир» была принята Хартия Милана о механизации сельскохозяйственного производства. Ключевые моменты Клуба Болоньи предусматривают фундаментальные исследования по направлениям, приведенным на рисунке 2. Кроме этого, предусмотрены организационные меры, согласно которым национальные и международные органы власти должны:

– признавать центральную роль сельскохозяйственного производства и связанных с ним механизированных агротехнологий, чтобы гарантировать каждому доступ к адекватному и безопасному продовольствию;

– принимать соответствующие меры, направленные на оценку экологических аспектов существующих машин, и способствовать распространению современных машин, разработанных в соответствии с новыми критериями экологичности и контроля;

– признавать, что исследования в области сельскохозяйственной техники и механизации, а в более общем – агропродуктивных технологий, считаются стратегическим приоритетом, ключевым фактором в удовлетворении будущих потребностей планеты в продовольствии;

– считать развитие механизации сельского хозяйства в соответствии с местными социально-экономическими условиями первым шагом для продвижения сельскохозяйственной продукции, развития сельских районов в развивающихся странах, для того, чтобы поднять экономику бедных стран к национальному процветанию и благосостоянию;

– способствовать тому, чтобы научные исследования, образование, пропаганда, персональные сети, информационное обеспечение и международное сотрудничество в сельскохозяйственной механизации получали гораздо более высокую политическую приоритетность, учитывая их огромное значение для будущего человечества [3].

НАКОРМИТЬ МИР, СОХРАНИТЬ ПЛАНЕТУ



Рисунок 2. – Ключевые моменты Клуба Болоньи [3]

Если фундаментальные исследования в аграрной отрасли посвящены решению проблем дефицита воды, защиты окружающей среды, энергосбережению, то прикладные научные исследования в области агроинженерии решают вопросы повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, полной механизации и автоматизации технологических процессов в аграрном производстве, уменьшения затрат в расчете на единицу продукции, улучшения ее качества.

Одним из ключевых направлений прикладных научных исследований в аграрной отрасли является совершенствование технических средств для реализации современных агротехнологий. Главной тенденцией развития сельскохозяйственной техники становится создание машин, позволяющих внедрять принципиально новые технологии и благодаря этому не только повышать производительность труда, но и создавать благоприятные условия для развития растений, повышения урожайности сельскохозяйственных культур, сокращения потерь продукции в процессе сбора урожая и в период уборки, обеспечения экологической безопасности и безопасных условий труда [4].

Результаты аналитических исследований определяют такие основные тенденции развития агротехнологий и сельскохозяйственной техники для их реализации:

– повышение экономической эффективности сельскохозяйственного производства за счет внедрения новых прогрессивных высокоэффективных ресурсосберегающих, почвозащитных, высокоточных технологий, повышение производительности и сокращение затрат в сельскохозяйственном производстве, минимизация затрат семян, пестицидов, нефтепродуктов, минеральных удобрений и потерь при сборе зерновых, максимальная полнота съема биомассы при заготовке кормов и тому подобное;

– повышение производительности труда в сельскохозяйственном машиностроении, обеспечение высокого технического уровня и качества машин, создание комфортных и безопасных условий труда, улучшение тепло- и шумоизоляции, обзорности и снижение вибрации в зоне оператора, соблюдение требований эргономики и тому подобное;

– обеспечение защиты окружающей среды и почв от неблагоприятного воздействия машин, снижение их удельного давления на грунт, улучшение машинных технологий, более широкое внедрение почвозащитных технологий;

– активное использование электроники, гидравлики, компьютеров, микропроцессоров, альтернативных источников энергии и тому подобное.

В УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого на основе результатов испытаний и аналитических исследований рынка сельскохозяйственных машин и оборудования, согласно разработанному алгоритму, сформированы основные тенденции развития по 15 основным группам технических средств (таблица 1).

Таблица 1. – Основные тенденции развития по 15 основным группам технических средств [5]

Название группы	Тенденции развития
Тракторы	Создание и внедрение конструкционных решений, направленных на обеспечение обязательных с 2014 года норм выброса газов, расширение сферы применения электронных систем для регулирования и управления системами трактора (совместимость ISOBUS), электронных систем управления трактором и автоматических систем вождения с использованием навигационных спутников и др.
Машины для обработки почвы	Внедрение автоматического бесступенчатого регулирования ширины захвата через GPS, автоматического регулирования глубины обработки, обеспечение возможности значительного количества опций рабочих органов и автоматизированного выбора последовательности опций технологических операций, применения автоматизированных систем ведения и др.
Сеялки и сажалки	Автоматическая оптимизация заделки семян и глубины высева, обеспечение автоматизированного выбора и изменения в процессе работы последовательности технологических операций, бесступенчатого автоматизированного установления ширины междурядий, диагностирование и наладка автоматизированных систем через переносные персональные компьютеры и др.
Машины и оборудование для приготовления и внесения удобрений	Применение полностью автоматизированной системы онлайн-измерения распределения удобрений, лазерных сенсоров для определения количества питательных веществ и автоматического регулирования дискового разбрасывателя удобрений в зависимости от вида удобрений и желаемой ширины захвата и т. п.
Машины для защиты растений	Улучшение эргономических показателей машин для защиты растений, применение электронных средств регулирования для автоматического подключения (отключения) секторов штанг (на основе стандарта ISOBUS), сенсорных устройств регулирования сопл для варьирования норм внесения по секциям в зависимости от фазы развития растений и др.
Машины для орошения и мелиорации	Создание систем приложения с динамическими датчиками влажности и беспроводной передачей информации (сенсорные сети), внедрение систем Smart Irrigation System для строчных сельскохозяйственных культур и др.
Машины для приготовления кормов	Применение на кормоуборочных комбайнах сенсорной системы NIR для определения массы, новейших технических решений на основе стандарта ISOBUS для прицепов-кормосмесителей и пресс-подборщиков, систем автоматического управления и сенсорных систем для регистрации и документирования урожая, производительности, затрат и т. п.
Зерноуборочные комбайны	Интенсификация процессов обмолота в молотилке, увеличение производительности зерноуборочного комбайна и уменьшение удельных расходов топлива на 1 тонну зерна, улучшение качества работы, удобства технологического обслуживания, применение интегрированных систем электронного управления и повышение уровня интеллектуализации, интерактивных систем-ассистентов механизатора и т. п.
Машины для уборки технических культур	Оснащение комбайнов трехмостовыми ходовыми системами с гидрообъемным приводом, широкопрофильными шинами, автоматизированными системами вождения по полосам и регулирования глубины хода выкапывающих органов и др.
Машины для овощеводства, садоводства и виноградарства	Развитие отечественного машиностроения для овощеводства, садоводства и виноградарства осуществляется на основе локализованного производства машин с использованием узлов и комплектующих зарубежного производства.
Машины для животноводства и птицеводства	Применение роботизированных доильных установок, скреперных навозоуборочных транспортеров с программируемым режимом работы, автоматизированного оборудования для приготовления кормов и кормления свиней, электронных систем управления, бункеров-накопителей кормов и транспортеров с различными рабочими механизмами и др.
Оборудование для использования возобновляемых источников энергии	Совершенствование технологических процессов и соответствующих технических средств возобновляемой энергетики (улучшение элементной базы биогазовых установок и плано-объемных решений биодизельных мини-заводов, получение биотоплива более высокого качества и с меньшими затратами на производство и др.)
Машины и оборудование для лесного хозяйства	Планирование лесозаготовительных операций с использованием алгоритмических методов и компьютерных информационных технологий, распространение сортиментной технологии лесозаготовки на базе шагающих движителей и адаптация колесных и гусеничных транспортных средств к свойствам почв и др.
Машины и оборудование для точного земледелия	Внедрение программ с использованием GPS и TIM на основе стандарта ISOBUS для управления технологическими процессами, разработка технических средств для дифференцированного внесения пестицидов и агрохимикатов, технических и программных средств мониторинга почвы, онлайн-симуляторов для подготовки механизаторов и др.

Название группы	Тенденции развития
Машины для послепосевной обработки и хранения урожая	Рост мощности приводов, повышение производительности труда и сокращение затрат, активное применение электроники и гидравлики, компьютеров и микропроцессоров, а также альтернативных источников энергии, обеспечение экологической безопасности и др.

Выводы

1. При существующей динамике роста численности населения планеты и уменьшении площадей сельскохозяйственных угодий на душу населения без опережающего развития механизации сельскохозяйственного производства невозможно обеспечить продовольственную безопасность человечества.

2. Национальные и международные органы власти должны способствовать усилению развития исследований в области сельскохозяйственной техники и механизации как ключевому фактору в удовлетворении будущих потребностей человечества планеты.

3. По результатам аналитических исследований определены основные тенденции исследования и развития сельскохозяйственных машин для агропромышленного комплекса.

Литература

1. Сельское хозяйство в центре общества / Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства Германии. – 2015. – С. 17.
2. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення: навчальний посібник / за редакцією В. Кравчука; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2015. – 238 с.
3. Кравчук, В. І. Клуб Болоньї: «Механізація агровиробництва нагодує світ» / В.І. Кравчук // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 11 (74). – С. 6–8.
4. Болтянський, О. В. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва / О. В. Болтянський, Н.І. Болтянська // Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvnauc_apk/2011_166_1/11bov.pdf.
5. Кравчук, В. І. Прогнозування основних тенденцій розвитку сільськогосподарських машин і обладнання / В. І. Кравчук, В. Г. Гусар // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 6 (57). – С. 17–22.

Л. Я. Степук, д. т. н., проф., **П. П. Бегун**, к. т. н., **В. В. Микульский**, аспирант

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: himvsh@mail.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ШТАНГОВОГО К РАССЕЙВАТЕЛЮ РМУ-11000

Описано устройство распределителя минеральных удобрений штангового к рассеивателю РМУ-11000, приведены результаты приемочных испытаний, показана экономическая целесообразность постепенного переоборудования серийно выпускаемых прицепных центробежных разбрасывателей на шнекокатушечные штанговые распределители.

Ключевые слова: минеральные удобрения, распределитель, неравномерность, доза внесения, экономическая эффективность.

L. Y. Stepuk, P. P. Behun, V. V. Mikulski

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: himvsh@mail.ru*

THE RESULTS OF THE ACCEPTANCE TESTING OF MINERAL FERTILIZERS ROD DISPENSER TO THE SPREADER RMU-11000

The described device of the mineral fertilizers rod dispenser to the spreader RMU-11000, the results of the acceptance testing, it is shown the economic feasibility of gradual conversion of commercially available centrifugal trailed spreaders on the screw-rod reel valves.

Keywords: mineral fertilizers, spreader, irregularity, dose making, economic efficiency.

Зарубежной и отечественной агрохимической наукой и передовой практикой доказано, что прибавка урожая основных сельскохозяйственных культур от удобрений находится в прямой зависимости от качества их внесения. Это означает, что снижение неравномерности внесения удобрений на 1 % приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур также на 1 %, и наоборот, повышение неравномерности внесения на 1 % приводит к снижению урожайности на 1 %.

Такая зависимость сохраняется с уровня неравномерности распределения удобрений свыше 10 %. Неравномерность в диапазоне от 0 до 10 % на прибавку урожая сельскохозяйственных культур практически не влияет. Поэтому машины, обеспечивающие такую неравномерность внесения удобрений, называют высокоточными.

Допускаемая действующими нормативными документами неравномерность внесения азотных удобрений составляет 10 %, калийных и фосфорных – 20 %. Многолетний опыт разработки и испытания отечественных машин для внесения удобрений, испытания зарубежных образцов позволяет авторам утверждать, что на практике эти нормативы не выдерживаются как в пределах рабочей ширины захвата машины, так и в целом по полю. Причин тому множество. Одна из

главных – несовершенство существующих машин. В республике практически на 100 % парк удобрительных машин состоит из центробежных разбрасывателей. А с их помощью в лучшем случае (при самом добросовестном и грамотном отношении механизатора) можно обеспечить равномерность внесения не менее 30–35 % [1].

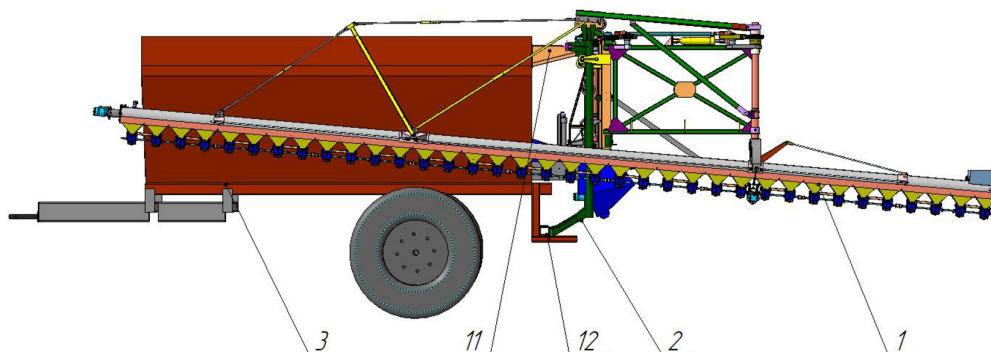
В этой связи является актуальной задача адаптации высокоточных распределяющих рабочих органов к серийным центробежным машинам для внесения простых и смешанных минеральных удобрений как основными, так и подкормочными дозами. Их использование позволит до минимума свести влияние различных факторов, снижающих качество внесения удобрений: неровности рельефа поля, ветра, положения распределяющих рабочих органов относительно поверхности поля, физико-механических свойств удобрений, в том числе их гранулометрического состава. Нам представляется, что такой подход к решению проблемы качества внесения удобрений является рациональным на данном этапе развития сельского хозяйства республики.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» выполнена адаптация высокоточного штангового распределителя к центробежному рассеивателю РМУ-11000 дочернего предприятия «Щучинский ремонтный завод».

Распределитель (рисунок 1, 2) состоит из рассеивателя 3 минеральных удобрений РМУ-11000, основания 2 (рама неподвижная), рамы 5 (подвижная), механизма трансформации 4 (левого и правого), двух штанг 1 (левой, правой), дозатора 6, гидрооборудования, электроавтоматики и электрооборудования.

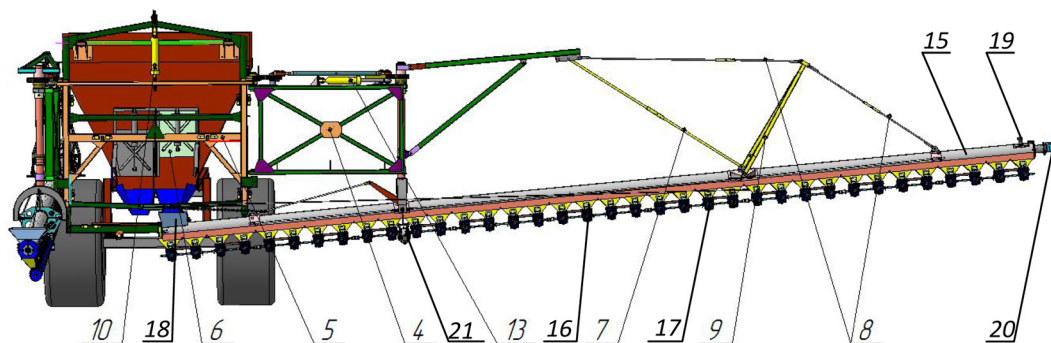
К заднему борту рассеивателя прикрепляют два верхних 11 и два нижних 12 кронштейна для навешивания основания 2, к которому в последующем крепятся рама 5 с механизмом трансформации 4 и распределяющие штанги 1 с возможностью перемещения их вверх и вниз.

Основание 2 предназначено для крепления распределителя к кузову рассеивателя. Рама 5 предназначена для крепления механизма трансформации и его подъема и опускания при транспортном и рабочем положении штанг соответственно. Механизм трансформации (левый и пра-



1 – штанга; 2 – основание; 3 – рассеиватель минеральных удобрений РМУ-11000; 11, 12 – кронштейны

Рисунок 1. – Схема распределителя штангового, навешенного на рассеиватель РМУ-11000 (в транспортном положении)



4 – механизм трансформации; 5 – рама; 6 – дозатор; 7 – муфта; 8 – растяжка; 9 – стрела; 10, 13 – гидроцилиндры; 15 – кожух; 16 – тукоприемники; 17 – дозаторы катушечные; 18 – короб; 19 – датчики уровня; 20 – гидромотор; 21 – привод катушек

Рисунок 2. – Схема распределителя штангового, навешенного на рассеиватель РМУ-11000 (вид сзади)

вый) предназначен для удерживания штанг и перевода их из транспортного положения в рабочее и обратно.

Каждая штанга (рисунок 2) представляет собой конвейер винтовой, вращающийся в кожухе 15 штанги на подшипниковых опорах. В дне кожуха 15 штанги выполнены прямоугольные отверстия с шагом 250 мм, под которыми крепятся призмобразные тукоприемники 16. К нижней части тукоприемников крепятся катушечные дозаторы 17, предназначенные для дозированного высева удобрений на поверхность поля. В передней части кожуха штанги выполнен вырез, над которым крепится короб тукоприемника 18. Над последним катушечным дозатором в кожухе штанги выполнено окно, закрываемое откидной крышкой, к которой прикреплен емкостный датчик 19 для контроля уровня удобрений в кожухе штанги. При достижении уровнем удобрений в кожухе штанги определенного значения емкостный датчик 19 подает сигнал на исполнительное устройство гидросистемы, которое отключает привод конвейера винтового и закрывает соответствующую ему дозирующую заслонку 6 (рисунок 2).

Привод конвейера винтового осуществляется посредством гидромотора 20. Катушечные дозаторы приводятся во вращение отдельным гидромотором 21.

Заслонки 6 предназначены для отсечения подачи материала при заполнении соответствующей штанги. Устанавливаются позади основной дозирующей заслонки рассеивателя РМУ-11000.

Управление работой гидросистемы осуществляется из кабины трактора с помощью пульта, установленного на правой стороне кузова, вызывая срабатывание или остановку того или иного исполнительного механизма.

Система электроавтоматики предназначена для дистанционного управления работой гидрораспределителя гидросистемы распределителя.

Распределитель штанговый, навешенный на рассеиватель минеральных удобрений РМУ-11000, работает следующим образом. После загрузки удобрениями на складе хозяйства рассеиватель переезжает в поле, где останавливается в полосе внесения удобрений, штанги переводятся в рабочее положение. Поворотом рукояток гидрорегуляторов расхода устанавливаются необходимая скорость движения цепочно-планчатого транспортера, высота открытия дозирующей заслонки, необходимая частота вращения катушечных дозаторов в соответствии с таблицей настройки. Включается ВОМ и на заранее выбранной передаче трактора начинается движение рассеивателя. Удобрения цепочно-планчатым транспортером перемещаются к выгрузному окну машины и просыпаются в приемные горловины штанг, где подхватываются винтовым конвейером и перемещаются к концам штанги. При прохождении над катушечными дозаторами удобрения попадают в промежуточные тукоприемники, далее – в катушки и высеваются на поле. Избыток удобрений, не высеянных последними, транспортируется к концу штанги, где при определенном их количестве срабатывает емкостный датчик, отключающий привод винтового конвейера штанги с одновременным закрытием соответствующей дополнительной дозирующей заслонки распределителя. При снижении до определенного уровня удобрений в штанге над последним дозатором срабатывает датчик, дающий сигнал исполнительному механизму на открытие соответствующей дозирующей заслонки. Далее цикл повторяется.

На рисунке 3 представлен общий вид рассеивателя РМУ-11000 со штанговым распределителем в транспортном положении.

Приемочные испытания распределителя проводились в ГУ «Белорусская МИС», а также в хозяйствах РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье», ОАО «1-я Минская птицефабрика» и КУП «Минская овощная фабрика».

Агротехническая оценка осуществлялась при лабораторных и полевых испытаниях на внесении суперфосфата гранулированного и хлористого калия. В ходе испытаний устанавливались минимальная, средняя и максимальная дозы внесения удобрений.

Получены следующие показатели. Установочная доза внесения карбамида составила: 100 кг/га (минимальная), 250 кг/га (средняя) и 700 кг/га (максимальная). Отклонение от установочной дозы было в пределах 2,8–5 %. Неравномерность внесения по ширине захвата распределителя составила: 5,1 % – при минимальной, 5,0 % – при средней, 4,1 % – при максимальной дозах [2].



Рисунок 3. – Общий вид рассеивателя РМУ-11000 со штанговым распределителем

Для хлористого калия установочная доза внесения составила: 100 *кг/га* (минимальная), 275 *кг/га* (средняя), 700 *кг/га* (максимальная). При этом отклонения от установочной дозы находятся в допустимых пределах (2,4; 5,0 и 4,2 % соответственно). Неравномерность распределения удобрений по рабочей ширине захвата на внесении калия хлористого составила 2,5, 3,2 и 1,4 % соответственно.

Расчет экономических показателей использования распределителя минеральных удобрений штангового к рассеивателю РМУ-11000 выполнен в сравнении с РМУ-11000 базовой комплектации – оснащенный дисковыми рабочими органами.

При определении годового экономического эффекта от использования распределителя учитывалось повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет снижения неравномерности распределения удобрений по поверхности поля. Расчет выполнен в ценах на декабрь 2016 г.

Показатели сравнительной экономической эффективности распределителя приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Показатели экономической эффективности распределителя минеральных удобрений штангового к рассеивателю РМУ-11000 в сравнении с РМУ-11000 с дисковыми рабочими органами

Наименование показателя	Значение
Годовая экономия затрат труда, <i>чел.-ч.</i>	-24
Степень снижения затрат, %	-32,8
Годовой приведенный экономический эффект, <i>руб.</i>	22964,58
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, <i>руб.</i>	28966,95
Степень снижения себестоимости механизированных работ на новой технике, %	59,7
Годовая экономия топлива, <i>кг</i>	-522,5
Степень снижения расхода топлива, %	-39,1
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,7
Капитализированная стоимость новой техники, <i>руб.</i>	117595,79
Цена машины (без НДС), <i>руб.</i>	55022,00

Из расчетов показателей экономической эффективности видно, что годовые затраты труда возросли на 32,8 %, или на 24 *чел.-ч.*, что обусловлено меньшей производительностью штангового распределителя в час сменного времени: 11,75 *га/ч* против 15,55 *га/ч* рассеивателя РМУ-11000 с дисковыми рабочими органами. Также увеличились затраты на топливо на 39,1 %. Однако эти показатели не оказали существенного влияния на экономическую эффективность использования распределителя.

Таким образом, годовой экономический эффект от эксплуатации распределителя, по данным ГУ «Белорусская МИС», составил 22964,58 *руб.* Экономия себестоимости механизированных работ составила 28966,95 *руб.*, что обусловило окупаемость дополнительных капитальных вложений распределителя за 0,7 года. Приведенные цифры свидетельствуют о том, что использование распределителя экономически выгодно для сельскохозяйственных производителей.

Литература

1. Степук, Л. Я. Механизация процессов химизации и экология / Л. Я. Степук, И. С. Дмитрачков, И. С. Нагорский. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 40.
2. Протокол № 085 Б 1/2–2016 ИЦ приемочных испытаний распределителя минеральных удобрений штангового к рассеивателю РМУ-11000 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2016. – 98 с.

УДК 631.358:633.521

Поступил в редакцию 25.05.2017

Received 25.05.2017

С. Ф. Лойко, зав. лабораторией, **А. И. Тарима**, рук. группы, **В. И. Карпунин**, инж.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vozd_ub_len@tut.by*

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНОТРЕСТЫ

Проведен анализ особенностей применения и конструкций ворошилок, вспушивателей и оборачивателей при выполнении операций приготовления льнотресты.

Ключевые слова: лен, льнотреста, лента льна, вспушиватель, ворошилка, оборачиватель.

S. F. Loiko, A. I. Tarima, V. I. Karpunin

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozd_ub_len@tut. by*

DESIGN FEATURES AND USE OF MACHINERY FOR THE PREPARATION OF FLAX TRUST

The analysis of application features and designs of tedders, swathers and wrappers in the course of flax trust operations was carried out.

Keywords: flax, flax trust, flax tape, swather, tedder, wrapper.

В 2017–2020 годах возделывание льна-долгунца в республике планируется на площади 55 тыс. га. В данный период льняная отрасль должна обеспечивать ежегодное производство льноволокна не менее 50,0 тыс. тонн с удельным весом длинного волокна не менее 40 % и средним номером 12,0. При этом средний номер льнотресты должен составлять не менее 1,25, а ее урожайность – не менее 3,5 *m/га*.

Объем заготовки льнотресты в последние годы не превышает 150 тыс. тонн. Из нее вырабатывают 40 тыс. тонн льноволокна, а удельный вес длинного льноволокна не превышает 20 %. При этом средний номер заготавливаемой льнотресты составляет 0,9–1,1 при урожайности 2,9–3,1 *m/га*, а средний номер длинного волокна – 10,6 [1]. Отсюда низкие показатели эффективности льняной отрасли страны.

Высокий номер тресты и волокна зависит от ряда факторов: применения соответствующих сортов и их репродукций, соблюдения севооборота, своевременной обработки почвы после уборки предшественника осенью, подготовки почвы и семян весной, правильного формирования посевного слоя и равномерной заделки семян на требуемую глубину с необходимой шириной междурядий, тербления льна и очеса семенных коробочек в соответствии с биологическими стадиями формирования волокна и семян. Значительное влияние также оказывает процесс вылежки стеблей льна и комплекс механизированных операций по ее приготовлению и заготовке.

В зависимости от погодных условий (температура, влажность) стебли льна после тербления находятся на поле от 18 до 40 дней. При соприкосновении стеблей с почвой в нижних слоях лен-

ты имеет место бурное развитие целлюлозоразрушающих бактерий. В процессе вылежки стеблей льна происходит прорастание лент сорными растениями, всходами выпавших из коробочек семян. В результате процессы мацерации по толщине ленты проходят неравномерно. Это отрицательно сказывается на формировании однородного по цвету и прочности волокна, приводит к снижению производительности работ при прессовании льнотресты и к ухудшению процесса формирования рулонных паковок. Для исключения порчи льнотресты проводят специальные технологические операции: ворошение, вспушивание или оборачивание лент льна [2]. При урожайности льнотресты до 3 $t/га$ достаточно провести одно вспушивание лент, при большей урожайности проводят одно- или двукратное оборачивание. Также необходимо проводить одну из указанных операций непосредственно перед прессованием. Это позволяет оторвать ленты от поля, поднять и уложить на взошедшие сорные растения, ускорить процесс естественной сушки льнотресты перед прессованием. В соответствии с агротехническими требованиями на заготовку льнотресты и СТБ 1194–2007 «Треста льняная. Требования при заготовках» оптимальная влажность тресты в рулонах для ее переработки должна составлять 18 %, допустимая влажность тресты в рулонах при складировании и хранении не должна превышать 23 %. Период заготовки льнотресты в Беларуси (август–сентябрь) характеризуется нестабильностью погодных условий, особенно это касается северной части республики, где расположено до 60 % площадей льна. Из-за осадков и высокой влажности треста не убирается до момента высыхания или убирается с влажностью более 23 %. При этом теряются прочностные свойства волокна, ухудшается его цвет и равномерность. Применение вспушивания или оборачивания перед рулонированием позволяет сократить процесс естественной сушки льнотресты в 2–4 раза в зависимости от исходной влажности, повысить на 10–15 % производительность работ при прессовании и сократить сроки уборки.

Для выполнения этих операций отечественными предприятиями производятся ворошилки лент льна ВЛК-3М (РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»), вспушиватели лент льна ВЛН-4,5 (ОАО «УКХ Бобруйскагромаш»), оборачиватели лент льна прицепные ОЛ-140 «Долгунец» (ОАО «УКХ Бобруйскагромаш»), оборачиватели лент льна самоходные однопоточные ОЛЛ-1 (РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») и ОЛС-1 (ДП «Щучинский ремзавод»).

Ворошилка ВЛК-3М (рисунок 1) состоит из рамы, навески, опорных колес, ворошильных секций и механизма привода. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4. За один проход проводит обработку трех лент льна, поэтому имеет высокую производительность ($W_{cm} = 2,0–2,5 \text{ га/ч}$). Ее применение эффективно при урожайности льносоломки до 2,0–2,5 $t/га$ с рабочей скоростью до 10 $км/ч$ на выровненных, незасоренных фонах без камней. Привод секций с рабочими органа-



Рисунок 1. – Ворошилка лент льна ВЛК-3М в агрегате с трактором «Беларус 82» при выполнении технологического процесса

ми обеспечивается от опорных колес. При наличии неровностей и препятствий на поверхности поля происходит неравномерное вращение колес и ворошильных секций, что приводит к сгуживанию и дезориентации стеблей в ленте, повреждению стеблей из-за намотки на рабочие органы, увеличению растянутости лент и т. д. Впоследствии это приводит к снижению производительности работ при прессовании льнотресты, ухудшению ее качественных показателей, снижению удельного выхода и номера длинного волокна.

Вспушиватель лент льна ВЛН-4,5 (рисунок 2) состоит из рамы, сцепки, ворошильных секций и механизма их привода от синхронного ВОМ трактора, опорных колес. Он навешивается на трактор «Беларус 82», оборудованный балластными грузами массой 450 кг. В его конструкции использованы рабочие органы, выполненные в виде зубьев П-образной формы. Средняя часть зубьев представляет собой пружину кручения, а ее концы образуют прямолинейные у основания и дугообразные на концах участка. Ворошильные секции приводятся в действие от синхронного ВОМ трактора, что обеспечивает синхронное их вращение относительно скорости движения трактора с постоянным коэффициентом $\lambda = 0,6-0,8$. Это обеспечивает работу машины на скоростях до 12 км/ч. Зубья из прутьев диаметром 5 мм обеспечивают эффективную работу машины только на некаменистых почвах с выровненной поверхностью. В обратном случае происходят деформация пружинных зубьев и поломки, что приводит к существенному ухудшению эффективности процесса вспушивания. Увеличение диаметра прутьев до 10–12 мм также нецелесообразно. В этом случае масса вспушивателя увеличится на 10–15 %, что сделает невозможным его агрегатирование в навесном исполнении с тракторами класса 1,4.

Ворошилка ВЛК-3М и вспушиватель ВЛН-4,5 адаптированы для обработки лент, сформированных льнокомбайнами типа ЛК-4А. Поэтому рабочая ширина этих машин адаптирована к ширине тербления льнокомбайнов и составляет 1,52 м. В то же время в последние годы в республике широко используются самоходные двухпоточные льнотеребилки типа ТСЛ-2,4, ширина тербления секции у которых составляет 1,2 м. Поэтому применение указанных ворошилок и вспушивателей после льнотеребилки приводит к снижению технологической надежности процесса.

Оборачиватель лент льна ОЛ-140 «Долгунец» (рисунок 3) предназначен для подбора разостланных лент льна, их оборачивания и укладки на поверхность поля. Он состоит из рамы основной, рамы прицепной, колесного хода, оборачивающего и расстилочного ленточных транспортеров, привода, прикатывающего механизма и гидросистемы. Оборачиватель позволяет оборачивать и расстилать ленту с минимальным повреждением стеблей и их растянутостью. Однако применение прицепных оборачивателей для подготовки лент льнотресты к прессованию менее эффективно, чем вспушивателей, из-за их более низкой производительности в сравнении с последними (в 2,5–3 раза).



Рисунок 2. – Вспушиватель лент льна ВЛН-4,5 в агрегате с трактором «Беларус 82» при выполнении технологического процесса



Рисунок 3. – Оборачиватель лент льна ОЛ-140 «Долгунец» в агрегате с трактором «Беларус 82» при выполнении технологического процесса

Оборачиватели самоходные однопочные ОЛЛ-1 и ОЛС-1 (рисунок 4) имеют аналогичное оборачивателю ОЛ-140 «Долгунец» назначение и устройство основных рабочих органов. Отличительной особенностью их является наличие двигателя и ходовой системы. По этой причине производительность самоходных оборачивателей выше (на 20–30 %), чем прицепных. Самоходные оборачиватели обеспечивают высокую работоспособность и качественные показатели процесса при любой урожайности, но ввиду высокой стоимости их эффективная работа обеспечивается при урожайности льнотресты не менее 4,5 т/га. Использование таких оборачивателей при обработке лент льнотресты перед рулонированием также требует значительных дополнительных эксплуатационных затрат ввиду их более низкой производительности в сравнении со вспушивателями (в 2–2,4 раза).

Для приготовления льнотресты и подготовки ее к прессованию европейскими льноводами применяются ворошилки-вспушиватели лент льна бельгийской фирмы «VAN ISEGHEM CONSTRUCT BVBA» (рисунок 5). Эта машина, как и отечественные ворошилки и вспушиватели, обеспечивает одновременную обработку трех лент. В ее конструкции для отрыва стеблей льна применены оригинальные зубья, изогнутые по параболической кривой и изготовленные из прутьев толщиной 10–12 мм. Это позволяет, независимо от состояния лент, их прорастания сорными растениями и всходами падалицы семян льна, производить подъем лент и равномерно укладывать их на поверхности. Для лучшего копирования поверхности поля каждая секция свя-



а



б

а – оборачиватель ОЛЛ-1; *б* – оборачиватель ОЛС-1

Рисунок 4. – Оборачиватели лент льна самоходные при выполнении технологического процесса



Рисунок 5. – Ворошилка-вспушитель лент льна «VAN ISEGHEM CONSTRUCT BVBA» при выполнении технологического процесса

зана с опорными колесами посредством специальных шарнирных тяг. Ширина каждой секции и расстояние между ними составляют 1,2 м, что соответствует ширине захвата одной секции льнотеребилки ТСЛ-2,4. Качественный подбор стеблей и их отрыв обеспечивается за счет большего количества зубьев, циклоиды движения которых максимально перекрывают друг друга при поступательно-вращательном движении. К недостаткам этой машины можно отнести низкую надежность работы на полях с наличием камней. В конструкции машины отсутствуют специальные устройства для защиты рабочих органов от ударных нагрузок. По этой причине происходят частые поломки зубьев, изгиб поперечных планок для их крепления. Кроме того, в конструкции машины отсутствует возможность перенастройки ее для работы по лентам, сформированным при тереблении льна льнокомбайнами с шириной захвата 1,52 м.

Проведенный анализ особенностей конструкции и применения машин для приготовления льнотресты показывает, что существует необходимость в разработке универсальной ворошилки-вспушителя лент льна, которая обеспечит качественную обработку лент, независимо от применяемых теребильных машин. Новая машина должна оборудоваться механизмами защиты от повреждений. На полях с урожайностью 4,5 т/га и выше наряду с ворошилками-вспушителями для этих целей могут применяться оборачиватели лент льна.

Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа: 15.05.2017.
2. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы: отраслевой регламент. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.

Л. Я. Степук, д. т. н., проф., **П. П. Бегун**, к. т. н., **Н. Д. Лепешкин**, к. т. н., доц.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: himvsh@mail.ru*

НЕДОБОР И ПОТЕРИ УРОЖАЯ КАК СЛЕДСТВИЕ ОТСУТСТВИЯ СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СТРАНЫ

Приведена краткая информация о производстве и применении пестицидов в мировом масштабе, описана ситуация в сфере применения пестицидов, минеральных и органических удобрений и известковых материалов в Республике Беларусь. Показаны причины, из-за которых не полностью реализуется потенциал названных средств химизации и, как следствие, происходит большой недобор сельскохозяйственной продукции и увеличиваются объемы непроизводительно расходуемого топлива. Главной среди причин является количественное и качественное несоответствие парка машин требуемым объемам работ по применению удобрений, известковых материалов и пестицидов. Приведенные цифры и факты доказывают необходимость разработки стратегии технического обеспечения сельского хозяйства Беларуси.

Ключевые слова: минеральные удобрения, органические удобрения, химические средства защиты растений, известковые материалы, навоз, потери зерна, техника для внесения удобрений, факторы интенсификации сельскохозяйственного производства.

L. Y. Stepuk, P. P. Behun, N. D. Lepeshkin

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: himvsh@mail.ru*

INCOME AND LOSS HARVEST AS A CONSEQUENCE OF THE STRATEGY OF TECHNICAL SUPPORT FOR FOR THE AGRICULTURAL ECONOMY OF THE COUNTRY

Contains brief information on the production and use of pesticides on a global scale, describes the situation in the field of application of pesticides, mineral and organic fertilizers and lime materials in the Republic of Belarus. The reasons are shown, because of which the potential of these chemicals is not fully realized, and as a result – a large shortage of agricultural products and volumes of unproductive fuel. Among the main reasons is the quantitative and qualitative incompatibility of the fleet of machines with the required volumes of work on the use of fertilizers, lime materials and pesticides. These figures and facts prove the need to develop a strategy for technical support of agriculture in Belarus.

Keywords: mineral fertilizers, organic fertilizers, chemical plant protection products, calcareous materials, manure, grain losses, fertilizer application techniques, factors of intensification of agricultural production.

Проблема недобора и потерь сельскохозяйственной продукции, без преувеличения, является самой большой и многогранной. Ее выявление связано с различными биологическими, технологическими, техническими, трудовыми факторами развития АПК.

Различают потенциальный, биологический, собранный урожай, урожай, прошедший инфраструктуру и превращенный в продукцию, а также продукцию, прошедшую переработку и реализацию, и конечный потребленный продукт. Пять этапов движения от потенциального урожая до конечного потребителя – населения, отражают последовательный характер уменьшения объемов сельскохозяйственной продукции.

Качественное выполнение всех операций позволяет значительно сблизить размеры потенциального и биологического урожая. Имеется ряд факторов, воздействие которых значительно увеличит биологический урожай. К их числу в первую очередь следует отнести рост применения химических средств защиты растений (ХСЗР) в сельском хозяйстве. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН, потери из-за болезней и вредителей сельскохозяйственных растений составляют 35 % потенциального урожая в мире [1].

Около 1000 химических компаний из 36 стран планировали довести мировое производство пестицидов в 2010 г. (более свежих данных обнаружить не удалось) до более чем 2,2 млн т действующего вещества в ассортименте из 500 наименований на сумму 46,2 млрд долл. США [2].

Рост урожайности сельскохозяйственных культур у ведущих мировых агропроизводителей прямо пропорционален объемам применяемых химических средств защиты растений. Например, в Дании за 10 лет (1980–1990 гг.) они возросли в 5 раз. В США ежегодно пестицидов используется более чем на 5150 млн долларов, в Японии – более чем на 3 миллиарда. Пять стран (Франция, Испания, Италия, Германия и Великобритания) в сумме потребляют 75 % от всех 220 тыс. *t* действующих веществ пестицидов, применяемых в 25 странах Евросоюза [3].

Республика Беларусь в последние годы применяет пестициды в объеме порядка 14 тыс. *t* на сумму 200–209 млн *долл. США*.

Приведенные цифры свидетельствуют о том, что применение ХСЗР есть и остается основным способом защиты растений.

Согласно данным РУП «Институт защиты растений» НАН Беларуси, из-за существующих проблем в сфере применения химических средств защиты растений мы недополучаем 20 % зерна, 30 % картофеля, 5–7 % сахарной свеклы.

Чтобы показать объемы недополученного урожая в натуральном исчислении, для примера выполним расчеты, ориентируясь на результаты производства сельскохозяйственной продукции в 2015 году. Тогда было получено 8240 тыс. *t* зерна, около 900 тыс. *t* картофеля, 4300 тыс. *t* сахарной свеклы. Если взять за основу приведенные выше в процентах цифры, то недополученный урожай в 2015 г. составил: зерна – 2060 тыс. *t*, картофеля – 385 тыс. *t*, сахарной свеклы – 274,4 тыс. *t*.

Известно, что совокупные затраты энергоресурсов на получение одной тонны зерна в настоящее время составляют примерно 28–30 *кг* дизельного топлива, на получение одной тонны картофеля – 9–12 *кг*, сахарной свеклы – 6–8 *кг*. Тогда непроизводительно потраченное топливо на зерне составляет 57680 *t*, на картофеле – 385 *t*, на сахарной свекле – 1920 *t*. В сумме – 59985 *t*.

В Беларуси на 1.10.2016 г. насчитывается 4019 опрыскивателей в разном техническом состоянии. Из них исправен всего 3461 при потребности в 8500 единиц. Учеными нашего научно-практического центра разработаны приборы для обеспечения химзащитных работ, однако на производство они пока не поставлены.

Разумеется, при такой обеспеченности техникой эффективно применять пестициды не представляется возможным, поскольку невозможно выполнить обработку вегетирующих сельскохозяйственных культур в оптимальные агротехнические сроки, обеспечить высокое качество обработки.

Наряду с ХСЗР основными факторами интенсификации сельскохозяйственного производства являются минеральные и органические удобрения и известковые материалы.

В 2015 году на поля страны внесено, согласно данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, 1102 тыс. *t* действующего вещества минеральных удобрений (МУ), в том числе под сельскохозяйственные культуры – 1023 тыс. *t*. В расчете на 1 *га* сельскохозяйственных угодий это составило 148 *кг*, а на 1 *га* пахотных земель – 209 *кг*.

Один килограмм NPK при внесении научно обоснованных доз в оптимальные агросроки и с допустимой неравномерностью может окупаться в условиях Республики Беларусь 8–10 *кг* зерна. Общий потенциал примененного объема МУ из расчета окупаемости 1 *кг* NPK 9 *кг* зерна должен обеспечить прибавку урожая в зерновом эквиваленте 9918 тыс. *t*. Реально же в последние годы потенциальные возможности МУ используются не в полной мере.

Основные причины:

- потери удобрений на пути от завода до поля;
- неравномерное распределение удобрений по полю;
- несоблюдение оптимальных агротехнических сроков применения.

Механические потери МУ на пути от завода до поля достигают 10 %. От годового объема применения (1102 тыс. *t*) это составляет примерно 110,2 тыс. *t* питательных элементов в действующем веществе. При окупаемости 1 *кг* NPK даже 6 *кг* зерна недополученный урожай в масштабах страны составляет 660 тыс. *t* [3].

Основные причины потерь обусловлены дефицитом складов системы РО «Белагросервис» (обеспеченность 39 %), практически полным отсутствием типовых, так называемых глубинных,

складов в хозяйствах, специальных механизмов и машин для внутрискладской переработки и транспортировки удобрений [4].

Из-за неравномерного внесения МУ недобор урожая зерна с каждого гектара составляет от 2 до 4 центнеров и более (при $\nu = 70\%$ недобор – 7,1 ц). По этой причине в масштабе республики ежегодно недополучаем минимум 2500 тыс. га $\times 0,3 \text{ т} = 750$ тыс. т зерна. И это без учета издержек при неравномерном внесении известковых материалов и органических удобрений. В результате непроизводительный расход топлива составляет 21000 т.

Следует напомнить, что прибавка урожая от применения удобрений находится в прямой зависимости от качества их внесения. Иными словами, повышение неравномерности (коэффициента вариации) на 1 % снижает прибавку урожая на 1 %, и наоборот. Однако центробежные разбрасыватели, составляющие в республике основной парк машин для внесения удобрений, практически не обеспечивают требуемого качества их распределения. Но и ими село обеспечено не более чем на 50 %. Крайне редко используются маркеры, курсоуказатели, а без них невозможно выдержать стыковые проходы, то есть снизить неравномерность распределения удобрений по полю.

Практически отсутствуют в хозяйствах машины для внесения подкормочных доз азотных удобрений. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан специальный высокоэффективный распределитель-подкормщик РШУ-18, но пока производство его не освоено.

Из-за несоблюдения оптимальных агротехнических сроков подкормки зерновых и зернобобовых культур азотными удобрениями недобор зерна, вызванный сдвигом оптимального срока только одной подкормки на 3 дня, составляет 1,5 ц с гектара, а в расчете на весь зерновой клин (2,5 млн. га) – 375 тыс. т [5]. При этом непроизводительно тратится минимум 10500 т топлива.

Подкормку же необходимо за период вегетации проводить 2–3 раза. Поэтому возможен в 2–3 раза больший недобор урожая.

Главная причина несоблюдения оптимальных агротехнических сроков подкормки вегетирующих культур заключается в нехватке машин для их внесения. В том числе навесных центробежных разбрасывателей, использование которых на выполнении данной операции крайне нежелательно, так как они не обеспечивают требуемого качества распределения азотных удобрений ($\nu = 10\%$).

Рассматривая проблемы применения органических и минеральных удобрений, известковых материалов, химических средств защиты растений и связанные с этим причины недоборов и потерь урожаев сельскохозяйственных культур, мы везде говорим о чрезвычайной важности соблюдения оптимальных агротехнических сроков выполнения технологических регламентов. Но это важно не только в данном контексте. Это условие распространяется на все полевые работы.

В соответствии с рекомендациями РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», оптимальной для республики является следующая продолжительность выполнения полевых работ в конкретные календарные сроки, согласно технологическим картам: лущение стерни – 10 дней; подъем зяби – 20; сплошная культивация почвы – 6 дней; посев зерновых, кукурузы и сахарной свеклы – 5; посадка картофеля – 10 дней; уборка зерновых и кукурузы на силос – 10; картофеля и сахарной свеклы – 25 дней. Продолжительность операций по уходу за растениями показана в [5]. Фактическая продолжительность проведения полевых работ отличается от рекомендуемых агросроков в 1,5–2,0 раза и более [6].

Только из-за растягивания сроков уборки на 50 % площадей, вызванного нехваткой и плохим техническим состоянием парка машин, в целом по республике ежегодно недобирается до 1 млн т зерна, около 0,5 млн т кукурузного силоса и не менее 100 тыс. т картофеля (данные РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»). При этом непроизводительно расходуется 36 тыс. т дизельного топлива.

Ситуация в сфере применения известковых материалов. На кислых почвах, по данным агрохимической науки, эффективность минеральных удобрений снижается на 20–30 %, а на сильнокислых – на 50 % и более [7].

Почвы с повышенной кислотностью в республике составляют 26 %, ежегодный недобор зерна на них достигает 275588 *t*. Это является причиной непроизводительного расходования 8268 *t* топлива. Из-за снижения эффективности минеральных удобрений на кислых почвах (671840 *га*) их потери на каждом гектаре составляют 58,6 *кг* действующего вещества, недобор урожая зерновых от неравномерного распределения известковых материалов при условии ежегодного внесения 2 млн *t* известки на площади 425 тыс. *га* составляет 13500 *t*. Такой недобор зерна ведет к непроизводительному расходу топлива в объеме 405 *t*.

Суммарные годовые издержки, обусловленные рядом нерешенных проблем нормализации кислотности почв, составляют почти 45 млн *долл. США* [7].

В настоящее время наблюдается повышение кислотности почв более чем в 90 районах республики [8]. Первопричина кроется в количественном и качественном несоответствии парка машин для применения известковых материалов, в невыполнении плановых заданий по известкованию кислых почв вследствие этого, а также из-за отсутствия достаточного финансирования работ, нехватки типовых складов для хранения пылевидных химвеществ кислых почв.

Ситуация в сфере применения навоза. Несмотря на то, что руководством нашей страны плодородие почв отнесено к числу важнейших государственных приоритетов, состояние дел в сфере применения органических удобрений, являющихся основным источником повышения гумуса, оставляет желать лучшего.

Согласно данным Министерства статистики Республики Беларусь, в 2015 году в почву внесено 50,3 млн *t* органических удобрений, в основном навоза.

В целом по республике выход подстильного (т. н. твердого) навоза составляет 50 %, полужидкого – 20 %, жидкого – 30 %. Окупаемость одной тонны навоза зерном в первый год его использования составляет 25 *кг* при условии его внесения в оптимальный агротехнический срок, с допустимой неравномерностью и обязательно своевременной заделкой в почву [9]. Только при таких условиях внесенные органические удобрения в объеме 50,3 млн *t* могут окупиться примерно 1250 тыс. *t* зерна. Однако на практике этого не происходит. Достаточно подчеркнуть, что на данный момент почти в 70 районах республики наблюдается отрицательный баланс гумуса в пахотных почвах [4].

Главная причина – недостаток техники. Машины для внесения твердого навоза, выпускаемые ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш», отвечают требованиям, но обеспеченность ими села находится в пределах 50–60 %. Для внесения полужидкого навоза (примерно 10 млн *t*) до настоящего времени техники в стране не было, и его вывозили от ферм, но не вносили в почву. Сегодня РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплекс экологически состоятельных машин для внесения полужидкого и для поверхностного и внутрпочвенного внесения жидкого навоза.

Подытоживая сказанное выше, следует подчеркнуть, что только небрежное хранение и применение таких средств химизации, как пестициды, минеральные и органические удобрения, известковые материалы, является причиной недобора свыше 4,0 млн *t* зерна, около 300 тыс. *t* сахарной свеклы, более 300 тыс. *t* картофеля и непроизводительного расхода топлива более 100 тыс. *t*.

Потери зерна при уборке, в процессе послеуборочной доработки и хранения. По данным научно-исследовательских учреждений, потери зерна от осыпания на пятый день после наступления полной спелости составляют 4 %, на восьмой – 8 %, на десятый – 12 % биологического урожая. Потеря только одного колоса на квадратном метре поля приводит к недобору 10–16 *кг* зерна с гектара [6, 10].

На 1.01.2016 г. в республике насчитывалось 10450 зерноуборочных комбайнов. На 1000 *га* посевов зерновых приходилось 4,2 комбайна, на один комбайн, согласно данным Министерства статистики Республики Беларусь, приходится 240 *га*. На 01.03.2017 года имеется 9864 комбайна. Учитывая мелкоконтурность наших полей, неустойчивые погодные условия, такого количества комбайнов для условий Беларуси, безусловно, очень мало.

Для сравнения: в целом в Евросоюзе на 1000 га зерновых культур в конце 1990 годов приходилось 17 зерновых комбайнов, а нагрузка на один комбайн составляла 59–60 га, а в США – 18, во Франции – 14, в Великобритании – 14, на Украине – 8 [11].

Фактически из-за плохих погодных условий, неисправности значительного количества комбайнов, нередко несовершенной организации труда сроки уборки зерновых культур существенно растягиваются. Исходя из этого, можно без риска допустить, что увеличение оптимальных сроков уборки зерновых на 5 дней является систематическим по меньшей мере для половины зернового клина. Тогда минимальные потери зерна от осыпания составят от половины валового сбора в 2015 году в объеме $4120 \text{ тыс. т} \times 4 \% = 164 \text{ тыс. т}$.

По данным экспертов, потери зерна жаткой в зависимости от состояния стеблестоя (прямо стоящий, пониклый, полеглый) составляют в среднем 3,5 % – примерно 280 тыс. т.

Потери зерна молотилкой комбайна в зависимости от засоренности и влажности хлебной массы составляют также в среднем 3 %. Такой хлебной массы мы убираем как минимум 25 %. При этом теряем 60 тыс. т зерна.

Потери зерна в зависимости от технического состояния комбайна в среднем составляют 3 % (исправный и хорошо отрегулированный – до 1,5 %; отрегулирован с отклонениями от нормы – 5–8 %). В масштабах республики это 240 тыс. т.

На потери зерна влияет мастерство комбайнера. Опытный комбайнер допускает до 1,5 % потерь, неопытный (новичок) – 2–3 %. В среднем это 1,8 % – 140 тыс. т [10].

Таким образом, совокупные потери зерна при уборке достигают 884 тыс. т.

Исходя из тех же экспертных оценок, от передержки свежесобранного зерна на току из-за недостаточной обеспеченности сушилками, приемными отделениями и средствами временного хранения, а также по причине сбоев в подаче топлива, электроэнергии, нарушений технологической дисциплины потери составляют в среднем 5,5 %. В расчете на урожай 2015 года эти потери достигли 415 тыс. т.

Суммарные потери зерна в технологической цепи «поле – ток» от собранного урожая составляют в данном случае 1300 тыс. т.

Потери зерна происходят и в процессе его хранения в складах. Клеточное дыхание зерна с последующим произвольным его самосогреванием вызывает потерю сухой массы и благоприятствует развитию плесеней, насекомых, вредителей и грибов.

В Республике Беларусь имеется в наличии складских помещений для зерна и зернопродуктов вместимостью порядка 10 млн. т, из них металлические бункера силосного типа составляют немногим более 11 % от общего объема. Остальные – склады амбарного типа, в которых полностью отсутствует возможность обеспечить режимное хранение зерна и зернопродуктов. Поэтому необходима замена их современными металлическими механизированными хранилищами силосного типа, обеспечивающими поддержание требуемых режимов хранения. Применение механизированных силосных зернохранилищ позволит снизить ежегодные затраты труда на погрузо-разгрузочные работы в 6–7 раз, потери зерна в процессе хранения – на 3–5 %.

Значительные потери зерна при перевозке его с поля к местам хранения определяются состоянием транспортной системы.

Несовершенные дороги оказывают влияние на величину потерь зерна по нескольким показателям. Во-первых, имеются прямые потери зерна при его транспортировке по грунтовым дорогам с полей на тока, с токов – на хлебоприемные пункты и т. д. Исследования показали, что они составляют 1–2 % валового сбора. Это 76 тыс. т зерна.

Во-вторых, несовершенство транспортной системы приводит к затягиванию сроков вывоза урожая, в результате чего часть зерна теряет качество при хранении на открытых площадках, под навесом и т. д.

Как показали исследования ученых, бездорожье влияет не только на потери зерна, но и на биологическую урожайность. Так, при перевозках по грунтовым дорогам автотранспорт поднимает много пыли, которая оседает на расстоянии 40–50 м по обе стороны дороги. Урожайность зерновых в зоне сильной запыленности падает на 40–50 %.

Потери зерна зависят от степени подготовленности состава и перевозки. При наличии щелей в кузовах утечка зерна может достигать 10 кг на 1 км пути от комбайна до тока.

Из кузова, не накрытого пологом, происходит выдувание зерна: на каждые пройденные 5 км – до 3 кг. Нетрудно подсчитать, во что обходится народному хозяйству любая небрежность в подготовке к уборочной страде.

Общие потери только зерна от недоиспользования потенциала применяемых средств химизации, с учетом потерь при уборке и послеуборочной его обработке, составляют примерно 5,4 млн *t*. При этом непроизводительный расход топлива превышает 100 тыс. *t*. Данные цифры являются убедительным доказательством установленного еще в 90-х годах прошлого века факта: валовой продукт сельского хозяйства снижается прямо пропорционально сокращению машинно-тракторного парка. У нас этот процесс продолжается уже не один год, и приведенные выше цифры доказывают абсолютную справедливость такого вывода.

В Беларуси начиная с середины 1990-х годов и до настоящего времени выбытие техники превышает поступление ее в хозяйства почти по всем позициям Системы машин. И хотя в последние годы разработаны и осваиваются производством современные высокопроизводительные отечественные машины и механизмы, тенденция эта продолжает иметь место (таблица 1).

Таблица 1. – Поступление и выбытие техники для внесения удобрений и пестицидов за 2006–2015 годы

Вид техники	Наличие на 01.01.1991 г.	Наличие на 01.10.2016 г. Всего/Исправных	Поступило за 2006–2015 гг.	Выбыло за 2006–2015 гг.	Уменьшилось (-) Увеличилось (+) за 2006–2015 гг.	Потребность
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	17500	5703/4988	1034	1688	-654	10000
Машины для внесения твердых органических удобрений	22600	5499/4822	702	1545	-843	12000
Машины для внесения жидких органических удобрений	9500	3203/2542	Данные отсутствуют			10000
Опрыскиватели тракторные	8000	4019/3461	1266	1416	-150	8500

В таблице 1 приведена динамика поступления и выбытия техники для применения средств химизации земледелия как самой приоритетной в общей Системе машин для растениеводства.

При этом продолжается закупка зарубежных образцов, аналоги которых выпускаются белорусскими заводами.

Для справки. На данный момент в республике насчитывается импортной техники: 975 тракторов, 770 кормоуборочных комбайнов, 1122 зерноуборочных комбайна, 880 опрыскивателей, 280 пресс-подборщиков, множество почвообрабатывающих, посевных и других машин и орудий.

При этом нельзя утверждать, что вся она лучшая и что результативность нашего земледелия заметно повысилась благодаря этой технике. Следовательно, не покупая продукцию отечественного сельхозмашиностроения, мы вывозим сотни миллионов долларов за рубеж, тем самым укрепляем экономику зарубежных государств и создаем антирекламу собственным изделиям.

Авторами затронуты не все, а основные нерешенные проблемы в земледелии нашей страны. При этом не ставилась задача абсолютно точно рассчитать все недоборы и потери сельскохозяйственной продукции, нерациональное использование энергетических и иных ресурсов. Хотя за порядок цифр авторы готовы отвечать. Цель данной публикации – обратить внимание руководителей АПК различного уровня на наличие чрезвычайно сложных нерешенных проблем в сельском хозяйстве страны.

Приведенные цифры и факты являются убедительным доказательством необходимости разработки стратегии технического обеспечения сельского хозяйства.

Без решения озвученных проблем, накапливаемых десятилетиями, в принципе невозможно ускоренное возрождение нашего села, а усилия крестьян, всех работников АПК будут по-прежнему напоминать в какой-то мере сизифов труд.

Литература

1. Самосюк, В. Г. О реальном энергосбережении в сельском хозяйстве / В. Г. Самосюк, Л. Я. Степук // Вести НАН Беларуси. – 2008. – № 4.
2. Распыление...: (научно-публицистические очерки) / В. А. Павлюшин [и др]. – Москва–СПб–Краснодар, 2004. – 112 с.: ил.

3. Сорока, С. В. Пестициды в Беларуси и странах ЕС / С. В. Сорока, Е. А. Якимович, Р. В. Супранович // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 10.
4. Степук, Л. Я. Построение машин химизации земледелия / Л. Я. Степук, А. А. Жешко; Национальная академия наук Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – С. 18–22.
5. Шпаар, Д. Возделывание зерновых / Д. Шпаар, А. Посников, Г. Крапцш. – М.: Аграрная наука, 1998. – 334 с.
6. Кадыров, М. А. Растениеводство Беларуси: сколько мы теряем? / М. А. Кадыров // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 2.
7. О проблемах механизации применения известковых материалов и эффективности машины химизации МХС-10 / Л. Я. Степук [и др.] // Аграрная экономика. – 2012. – № 4.
8. Мониторинг земель // РУП «Бел НИЦ Экология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/uploads/archive/Book2015/1-soil-25-11.pdf>. – Дата доступа: 03.03.2017.
9. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В. Г. Гусаков [и др.]; под ред. В. Г. Гусакова; НАН Беларуси, МСХ РБ, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 108 с.
10. Бобылев, С. Н. Борьба с потерями сельскохозяйственной продукции / С. Н. Бобылев, А. Ш. Ходжаев. – М.: Знание, 1983. – 64 с.
11. Жалнин, Э. В. Направление и перспективы возрождения комбайностроения в России / Э. В. Жалнин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 10.

УДК 631.373/374:621.867

Поступил в редакцию 21.08.2017
Received 21.08.2017

Л. И. Трофимович, м. н. с.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: Trofimovich88@mail.ru*

СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ УБОРКИ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ, ЗАПРЕССОВАННЫХ В ТЮКИ ИЛИ РУЛОНЫ

Представленная статья посвящена состоянию вопроса и анализу отечественных и зарубежных средств механизации для уборки стебельчатых кормов, запрессованных в тюки или рулоны.

Ключевые слова: подбор и прессование стебельчатых кормов, транспортировка запрессованных кормов, подборщик-транспортировщик, платформа с манипулятором, накопитель тюков (рулонов), крупногабаритные прямоугольные тюки, рулоны.

L. I. Trofimovich

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: Trofimovich88@mail.ru*

MECHANIZATION MEANS FOR CLEANING STALK FODDER FORCED IN TUKI OR ROLLS

The article is devoted to the state of the matter and analysis of domestic and foreign means of mechanization for harvesting stalk feeds pressed into bales or rolls.

Keywords: selection and pressing of stalked forages, transportation of pressed forages, pick-up and transportation, platform with manipulator, bale stacker, large rectangular bales, rolls.

Введение

Увеличение производства продукции животноводства невозможно без целенаправленной работы по созданию устойчивой кормовой базы. Для этого в республике разработаны и реализуются государственные программы «Стратегия развития кормопроизводства в 2013–2020 годах» и «Комплекс мер по реализации стратегии развития кормопроизводства до 2020 года» [1].

В соответствии с программами в 2017 году намечено заготовить 1092,2 тыс. тонн сена, 12527 тыс. тонн сенажа, 16114 тыс. тонн силоса. Эти объемы определены исходя из запланированной продуктивности животных. Кормовыми культурами заняты соответствующие укосные

и посевные площади, подбираются видовые составы и выполняются мероприятия, обеспечивающие нормальный рост и развитие растений. Сегодня принимаются действенные меры и предъявляются новые требования к качеству всех видов кормов, прежде всего травяных, чтобы исключить их перерасход на производство животноводческой продукции. Здесь важную роль играют применяемые технологии и техническое обеспечение процессов заготовки кормов из трав.

Практически все виды стебельчатых кормов на кормовые и технологические нужды заготавливают и прессуют в тюки или рулоны. В последние годы широкое распространение получает технология заготовки сенажа и силоса в тюках или рулонах с последующей упаковкой в полимерные материалы. Поставлена задача довести объем заготовки до 5 млн тонн.

Одним из узких мест, сдерживающих темпы и эффективность уборки стебельчатых кормов, являются транспортные и погрузочно-разгрузочные работы. В общих затратах труда на производство продукции животноводства транспортирование и погрузочно-разгрузочные работы составляют от 40 до 45 %, а затраты топлива – до 50 % [2]. Повышение эффективности этих работ является одним из существенных резервов снижения себестоимости животноводческой продукции и роста рентабельности предприятий АПК.

Весомое влияние на эффективность транспортных и погрузочно-разгрузочных работ оказывает техническое обеспечение процесса прессования стебельчатых кормов.

Основная часть

В республике для прессования кормов применяют отечественные рулонные пресс-подборщики ПР-Ф-110, ПР-Ф-145, ПРИ-150, ПР-Ф-180 (рисунок 1, 2), выпускаемые ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш».

Для прессования сена и провяленных трав применяют рулонные пресс-подборщики обмотчики типа РППО-445 (ОАО «Биоком Технологии») (рисунок 3), Rolant 455/454/375(Claas) (рисунок 4). Общая численность всех пресс-подборщиков составляет 5600 штук.



Рисунок 1. – Пресс-подборщик рулонный ПРИ-150



Рисунок 2. – Пресс-подборщик рулонный ПР-Ф-180



Рисунок 3. – Пресс-подборщик обмотчик рулонов РППО-445



Рисунок 4. – Пресс-подборщик обмотчик рулонов Rolant 455

Техническая характеристика пресс-подборщиков обмотчиков рулонов приведена в таблице 1.

Таблица 1. – Техническая характеристика пресс-подборщиков обмотчиков рулонов

Наименование показателя	Значение параметров	
	РППО-445	Rolant 455
Марка	РППО-445	Rolant 455
Масса, кг	5950	8230
Рабочая скорость, км/ч	5–10	6–10
Ширина захвата подборщика, мм	2250	2100
Производительность за час основного времени: сено/солома/сенаж, т	до 23,0/17,0/45,0	до 25,0/20,0/50,0
Диаметр рулона, мм	1250	1250–1350
Ширина рулона, мм	1230	1200
Масса рулона, кг	до 900	до 1000
Необходимая мощность трактора, л. с.	120–150	120–150

Следует отметить, что производительность всех типов рулонных пресс-подборщиков невысокая, поскольку обвязка, обмотка и выгрузка рулонов происходят при остановке агрегата, продолжительность которой занимает от 30 до 50 % технологического цикла формирования рулона.

Несмотря на высокую стоимость, хорошо себя зарекомендовали импортные тьюковые пресс-подборщики типа Quadrant 5200, 4200, 4000 (Claas) (рисунок 5), BigPack 1270 XC (Krone). Технические и технологические преимущества тьюковых пресс-подборщиков обусловлены в первую очередь тем, что прессование, обвязка и выгрузка тьюков идет непрерывно без остановки машины, при этом процесс прессования двухступенчатый: происходит предварительное уплотнение в предварительной камере, окончательное – в прямоугольной камере под действием прессующего поршня и с давлением, многократно превышающим давление в прессовальной камере рулонного пресс-подборщика, поэтому применение тьюковых пресс-подборщиков позволяет повысить более чем в два раза производительность и плотность прессования трав и соломы. Кроме того, потери кормов из трав минимальны (равны нулю) у тьюковых пресс-подборщиков, а также снижаются затраты в целом на заготовку кормов в тюках (при транспортировке, складировании и др.).

Техническая характеристика тьюковых пресс-подборщиков приведена в таблице 2.

Таблица 2. – Техническая характеристика тьюковых пресс-подборщиков

Наименование показателя	Значение параметров	
	ПТ-800	Quadrant 5200
Марка	ПТ-800	Quadrant 5200
Масса, кг	7900	9730
Рабочая скорость, км/ч	6–12	6–12
Ширина захвата подборщика, мм	2100	2350
Производительность за час основного времени, т:		
– на сене	до 25,0	до 25,0
– на соломе	до 17,0	до 17,0
– на подвяленной траве	до 40,0	–
Длина тюка, мм	от 600 до 3000	от 500 до 3000
Ширина тюка, мм	800 (+ 50)	до 1200
Высота тюка, мм	700 (+ 50)	до 800
Количество узловязателей, шт.	4	6
Необходимая мощность трактора, л. с.	250	250



Рисунок 5. – Пресс-подборщик тьюковый Quadrant 5200



Рисунок 6. – Пресс-подборщик тюковый ПТ-800

тически необходимо пройти по полям весь путь, который проходит пресс-подборщик. Ускорить уборку и сократить расходы на процесс можно путем оснащения пресс-подборщика дополнительным оборудованием – накопителем тюков (рулонов) (рисунок 7, 8). Накопитель работает в одном агрегате с пресс-подборщиком, посредством которого тюки (рулоны) собираются на платформе накопителя и в удобном месте, как правило, на краю поля, выгружаются.

Технология подбора и прессования растительной массы продвинулась далеко вперед. Благодаря новым высокопроизводительным машинам, к сожалению, импортным, обеспечивается высокое качество заготавливаемого корма, снижены себестоимость и трудоемкость производства сенажа, сена, соломы.

Транспортировка тюков прямоугольной формы намного проще. В единице объема кузова тюков можно перевезти в 1,25–1,3 раза больше, чем рулонов. При перевозке рулонов сенажа, упакованных в пленку, более рационально используется грузоподъемность транспортных средств.

Для перевозки рулонов и крупногабаритных тюков используют специальные тракторные прицепы СТС-12 (ОАО «Бобруйсксельмаш»), транспортные платформы ПТК-10 (рисунок 9) (ОАО «Вороновская сельхозтехника»). При этом для обеспечения погрузки, выгрузки и скирдования рулонов или тюков требуется вторая машина – погрузчик тракторный ПСН-1,1 или специальный погрузчик типа «Амкодор» 332С4, 527 (рисунок 9). Это приводит к повышенным затратам труда и топлива, а в конечном результате – к росту себестоимости работ. Только погрузчики-транспортёры рулонов типа ПТР-12С (ОАО «Вороновская сельхозтехника») и ТП-10 (рисунок 10) (ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш») самостоятельно производят погрузку и укладку рулонов на платформу.

Однако общим недостатком этих машин является ограниченная область применения. Они непригодны для разбора скирд из рулонов (тюков) и для доставки их к фермам. Нерешенным остается и вопрос погрузки, перевозки, скирдования рулонов сенажа, упакованных в полимерную пленку. Из-за несовершенства грузозахватных устройств происходит повреждение упаковки (рисунок 11).



Рисунок 7. – Пресс-подборщик с накопителем тюков



Рисунок 8. – Пресс-подборщик с накопителем рулонов



Рисунок 9. – Платформа транспортировки кормов ПТК-10 с погрузчиком «Амкорд» 527



Рисунок 10. – Погрузчик-транспортировщик рулонов ТП-10



Рисунок 11. – Повреждение упаковочного материала грузозахватными устройствами при погрузке и выгрузке рулонов

Важно отметить, что погрузчики в комплексе с транспортировщиком рулонов ТП-10 работают с большой недогрузкой. Такая же ситуация с платформой ПТК-10, которая агрегируется с тракторами класса 2...3 («Беларус 1221»). Остро стоит вопрос транспортировки рулонов сенажа, упакованных в пленку. Масса рулона сенажа достигает 700–1100 кг, диаметр – 1200–1500 мм (в зависимости от влажности растительной массы и пресс-подборщика, выполняющего упаковку). Полезная длина платформы ПТК-10 составляет 12500 мм, соответственно, ее вместимость составляет ориентировочно 18 + 2 рулона × 700/1100 кг. В итоге получается масса груза 12600/19800 кг – перегруз 2600/9800, в противном случае платформа загружена не полностью.

По лабораторным расчетам, на перевозку 1 тонны груза платформами ограниченной грузоподъемности перерасходуется до 0,3 кг топлива. Если учесть, что в хозяйствах работает как минимум по два таких прицепа, то при несоответствии их грузоподъемности и мощности энергоносителя годовой перерасход топлива в целом по республике составит 3,6 млн тонн.

Анализ материалов последних международных выставок сельскохозяйственной техники свидетельствует о том, что за рубежом на перевозке запresseванных кормов широко используют тракторные платформы грузоподъемностью от 10 до 15 тонн, оборудованные устройствами для самостоятельной загрузки [2]. Большой интерес к таким машинам проявляют фермеры и специалисты хозяйств, использующих на прессовании кормов пресс-подборщики нового поколения.

Наибольшее распространение получили подборщики тюков и рулонов, самостоятельно выполняющие процесс подбора, транспортировки и скирдования запresseванных стебельчатых кормов. Управление операциями подбора тюков или рулонов осуществляется электрогидравлической системой из кабины трактора. Для использования транспортировщиков в течение всего года устройство для подбора и самозагрузки может быть демонтировано, а платформа – использоваться для подвоза тюков или рулонов к фермам.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создана (идет освоение производства) самозагружающаяся телескопическая платформа с манипулятором ПМК-10. Новая машина обеспечивает подбор, транспортировку и скирдование тюков или рулонов (рисунок 12). В зимнее время выполняет разбор скирд и доставку запresseванных кормов к месту потребления.



Рисунок 12. – Платформа с манипулятором ПМК-10 в работе



Рисунок 13. – Подборщик-транспортировщик рулонов ПТ-24пТ



Рисунок 14. – Подборщик-транспортировщик рулонов ПТ-30

Платформа агрегируется с трактором «Беларус 2022», грузоподъемность – 10 тонн, оснащена универсальным захватом для погрузки и скирдования рулонов (тюков). Заводы-изготовители – ОАО «Вороновская сельхозтехника», ООО «Биоком Технология». Годовая экономия топлива – 5342,6 кг. Срок окупаемости – 2,1 года.

Нами выполнен обзор конструкций зарубежных машин для транспортировки рулонов и тюков. В качестве примера современных высокопроизводительных машин рассмотрены подборщики-транспортировщики рулонов ПТ-24пТ, ПТ-30 украинского производства «Завод Кобзаренко» (рисунок 13, 14). Подбор и загрузка проводятся вилочным захватом, который с помощью гидроцилиндра поднимает рулон на платформу. Передняя стенка передвигает его назад. Разгрузка производится методом сдвига рулонов передней стенкой, через задний гидравлически открывающийся борт. Рулоны, в том числе упакованные в пленку, легко скользят по направляющим (рисунок 15), сохраняя форму и целостность.

Основные достоинства:

1. Грузоподъемность 12 тонн (транспортировщик ПТ-24пТ) и 20 тонн (транспортировщик ПТ-30), а также вместимость от 24 до 30 рулонов способствуют существенному увеличению производительности машины, экономии времени и топлива (особенно при перевозках свыше 2 км).
2. Загружает практически без остановок, что позволяет увеличить производительность при подборе рулонов.



Рисунок 15. – Ролики для рулонов в пленке

3. Наличие роликов для рулонов в пленке делает машину многофункциональной.

4. Мощная конструкция гидравлической лапы позволяет загружать рулоны сена, сенажа в два яруса.

Недостатки:

Требуется погрузчик для скирдования рулонов после выгрузки. Пожалуй, это единственный существенный недостаток, который исправить пока не по силам отечественным и зарубежным ученым.

Техническая характеристика самогрузочных транспортировщиков рулонов приведена в таблице 3.

Таблица 3. – Техническая характеристика самогрузочных транспортировщиков рулонов

Наименование показателя	Значение параметров	
Марка	ПТ-24пт	ПТ-30
Масса, кг	6300	5350
Грузоподъемность, кг	12000	20000
Количество рулонов, шт.	24	30
Диаметр/размер рулона, м	1,5–1,8	1,2
Максимальный вес рулона, кг	1000	300
Необходимая мощность трактора, л. с.	120–150	120–150

Возросшая популярность тьюковых пресс-подборщиков за рубежом стимулирует выпуск специализированных машин для подбора, самопогрузки, транспортировки тьюков к месту хранения с последующей самосвальной укладкой их в скирду. В качестве аналогов можно привести подборщики Auto Stack FSX, Auto Stack XP производства Arcusin (Испания); Vale Handling R-700-PLUS фирмы Plegamatic (Испания); QM Super Chaser Extra производителя Big Bale North (Англия).



Рисунок 16. – Подборщик-транспортировщик тьюков Auto Stack FSX

Подборщики тьюков Auto Stack FSX фирмы Arcusin (рисунок 16) и Vale Handling R-700-PLUS фирмы Plegamatic имеют аналогичную конструкцию и схожий принцип действия. Auto Stack FSX фирмы Arcusin – мировой лидер в области уборки крупногабаритных тьюков. Предназначен для самостоятельной загрузки, транспортировки и выгрузки в скирду. Адаптируется ко всем размерам тьюков. Принцип работы: операция подбора выполняется одним радиальным поворотом загрузочной платформы (рисунок 17), без вмешательства других механизмов. Программа управления загрузочной платформой обеспечивает полную безопасность при подаче тьюка на стол (автоматическое управление стоп/старт вращения цепей при обнаружении присутствия тьюка на входе на загрузочную платформу). Контрольный пульт в кабине постоянно контролирует все функции. Далее с помощью подъемного стола тьюки укладываются на опрокидывающуюся платформу, на которой установлены перила для центрирования груза. Выполняют функцию направляющих реек для тьюков, чтобы они идеально ровно укладывались на опрокидывающейся платформе. Разгрузка производится методом подъема платформы в вертикальное положение под 90 градусов (рисунок 18).

Преимущества:

1. Высокая производительность. Машина разработана и оборудована для работы на высоких скоростях. Быстрое и плавное движение.

2. Простое и интуитивное управление электрогидравлической системой из кабины трактора. Для выполнения всего процесса достаточно одного человека.

3. Функциональная простота, абсолютный контроль и всеобъемлющая безопасность.



Рисунок 17. – Подбор тюка загрузочной платформой



Рисунок 18. – Укладка тюков в скирду

4. Простая, быстрая и надежная разгрузка. Удаляет расстояние между штабелями, даже при работе с тюками высокой плотности.

5. Адаптируется ко всем размерам тюков.

Недостатки:

1. Сезонное использование.

2. Высокая стоимость.

Подборщик-транспортировщик тюков QM Super Chaser Extra производства Big Bale North предназначен для самостоятельной загрузки, транспортировки и выгрузки в скирду (рисунок 19). Полуавтоматизированная система управления рабочими органами позволяет одному оператору производить загрузку и перевозку тюков без остановок. Таким образом, можно загрузить до 20 тюков на одну тележку при допустимой грузоподъемности 10 тонн. Принцип работы: подбор и загрузка проводятся вилочным захватом, который с помощью лифтового механизма поднимает



Рисунок 19. – Подборщик-транспортировщик тюков QM SuperChaser в работе

тюки на платформу (тюки переворачиваются на 360°) и складировать их в два яруса. Толкатель передвигает тюки назад. Разгрузка производится методом подъема платформы в вертикальное положение под 90 градусов.

Основные достоинства:

1. Простой и надежный подбор тюков. Удобное управление из кабины трактора при помощи пульта дистанционного управления.

2. Минимум техники: при использовании прицепа необходим один трактор, который не привязывает к себе дополнительной техники и не требует организации работы целого комплекса машин.

Недостатки:

1. Сезонное использование.

2. Высокая стоимость.

3. При подборе необходимо разворачивать каждый тюк на 90 градусов специальным устройством на передней навеске трактора.

Техническая характеристика самозагрузочных транспортировщиков тюков приведена в таблице 4.

Стоит отметить, что предприятие ОАО «БАТЭ» – управляющая компания холдинга «Автокомпоненты» ведет освоение производства данного типа транспортировщика крупногабаритных тюков.

Таблица 4. – Техническая характеристика самозагрузочных транспортировщиков тюков

Наименование показателя	Значение параметров			
	Марка	Auto Stack FSX (Arcusin)	Bale Handling(Plegamatic)	QM Super Chaser Extra (Big Bale North)
Масса, кг		8900	8300	6840
Грузоподъемность, кг		10000	8000	10000
Количество тюков, шт.		22	20	20
Размер тюка по ширине и высоте, см (максимальная длина тюка – 2400 мм)		120x80	120x80	120x80
Максимальный вес тюка, кг		400	400	400
Необходимая мощность трактора, л. с.		120–180	120–150	120–180

Заключение

Сельскохозяйственное производство Республики Беларусь динамично развивается. Отечественными учеными разрабатываются и внедряются инновационные технологии и разработки. В связи с этим необходимость усовершенствования и модернизации средств механизации, а также создания современных энергоэффективных и высокопроизводительных машин является актуальной научно-технической задачей, решение которой имеет важное хозяйственное значение.

Приоритетными направлениями развития транспортных технических средств будут:

1. Повышение грузоподъемности от 10 до 15 тонн.

2. Применение полуавтоматического (автоматического) управления рабочими органами.

3. Увеличение транспортной скорости до 40 км/ч.

4. Оснащение универсальных платформ сменными рабочими органами, а специализированных – приспособлениями для погрузки и выгрузки.

5. Снижение металлоемкости платформ на 10–15 %.

6. Экономия расхода топлива.

Реализация этих мер позволит получить конкурентоспособную сельскохозяйственную продукцию как на внутренних рынках, так и за рубежом.

Литература

1. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации / И. М. Лабоцкий [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – 80 с.
2. Измайлов, А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / А. Ю. Измайлов; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса». – Москва: Росинформагротех, 2007. – 200 с.

УДК 631.356.46

Поступил в редакцию 01.06.2017
Received 01.06.2017

В. П. Буяшов¹, к. т. н., доц., **С. Н. Кузнецова**¹,
А. В. Горный², к. с.-х. н., доц., **Н. Н. Кугач**³, к. т. н., д. э. н., **М. Ф. Акулич**⁴

¹ЧУП «ТэнсТранс», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный

аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

³НПП «Белагросервис», г. Минск, Республика Беларусь

⁴ГП «Госстройэкспертиза» по Минской обл., г. Минск, Республика Беларусь

МОДЕРНИЗАЦИЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ КПК-2-01, КПК-2-02 И КПК-3

Приведены результаты работ по модернизации картофелеуборочных машин с использованием вместо подкапывающе-сепарирующей секции комбайнов семейства КПК копателей КСТ-1,4 (ОАО «Лидсельмаш») или КСТ-1,4М (ЗАО «Агропромсельмаш») для адаптации к условиям функционирования в Республике Беларусь и странах СНГ.

Ключевые слова: уборка корнеклубнеплодов, модернизация комбайнов, модули, технологический процесс, достоинства машин.

V. P. Buyashou¹, **S. N. Kuzniyazova**¹, **A. V. Gorny**², **N. N. Kuhach**³, **M. F. Akulich**⁴

¹PUE «TensTrans», Minsk, Republic of Belarus

²Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university», Minsk, Republic of Belarus

³SPE «Belagroservice», Minsk, Republic of Belarus

⁴SE «Gosstroyexpertiza» in Minsk Region, Minsk, Republic of Belarus

MODERNIZATION OF POTATO HARVESTERS KPK-2-01, KPK-2-02 AND KPK-3

The results of the modernization of potato harvesters using instead digging-separating section of KPK line of diggers KST-1,4A (JSC «Lidselmash») or KST-1,4M (CJSC «Agropromselmash») for adopting to the conditions of the functioning in the Republic of Belarus and the CIS.

Keywords: harvesting of root crops, modernization of harvesters, technological process, modules, process.

Производство корнеклубнеплодов является одним из наиболее трудо- и энергоемких процессов сельского хозяйства. В бывшем Советском Союзе уровень комбайновой уборки картофеля достигал 43 %. В 1980 г. в парке СССР было 68 тыс. картофелеуборочных комбайнов (далее – КУК), а в БССР – 12,5 тыс. В последние годы наметилась тенденция к сокращению не только площадей, занятых картофелем в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации, но и парка картофелеуборочных машин (далее – КУМ). Поступление в Беларусь новых комбайнов сократилось, так как комбайновый завод в г. Рязань переключился на выпуск другой продукции, а цены на машины фирм «Гримме», «Амак», AVR, Девульф,

«ВМ-Картофельтехник», ЗАО «Колнаг» и ОАО «Мотовело» очень высокие, и хозяйства без поддержки государства не в состоянии их приобрести. РУП «Гомсельмаш», выпустив в прошлом году всего 50 КУК, не может удовлетворить спрос картофелеводов СНГ в высокопродуктивной, надежной, простой и дешевой технике, а ОАО «Лидсельмаш» прекратил выпуск КУК.

В республике убрали картофель в конце прошлого века КУМ: КТН-2В, КСТ-1,4А (ОАО «Лидсельмаш»), ККУ-2А, ККМ-4, КСК-4-1, КПК-3 и КПК-2-01, которые выпускались в России в ПО «Рязсельмаш», а также Е-684 и Е-686 из ГДР, прошли испытания в ГУ «Белорусская МИС» КУК КПК-2-02 и Л-605 со щеточными камнеотделителями. Появились КУК зарубежных фирм. Одной из главных причин того, что КУК семейства КПК не нашли широкого применения в Республике Беларусь, является несовершенная конструкция подкапывающе-сепарирующей секции.

Анализируя конструкцию приемной подкапывающе-сепарирующей части, можно констатировать следующее: лемешно-дисковые подкапывающие рабочие органы удовлетворительно выполняют свои функции на полях с достаточно точной шириной междурядий. В случаях подкапывания стыковых междурядий возможно подрезание клубневых гнезд. Подрезание клубней может быть и на полях с неровным рельефом, а также с искривленными рядками картофеля в направлении движения уборочного агрегата.

Другим существенным недостатком КУК типа КПК является нестабильная глубина хода подкапывающих рабочих органов из-за высокого давления копирующих катков на поверхности картофельных грядок. Особенностью комбинированного подкапывающего рабочего органа КУК семейства КПК являются сферические диски, установленные с развалом выпуклостью к бороздам, что обусловило необходимость установки продольных шнеков между ними, которые предотвращают перебрасывание пласта на грядку перед лемехом и способствуют его транспортировке на элеватор. Недостатками данного рабочего органа являются большая материалоемкость, высокие энергозатраты и трудоемкость проведения регулировок.

Технологическая схема КУК должна быть по возможности прямоточной, в отличие от КУК КПК-3 и КПК-2-01, где картофельный ворох перемещается в поперечном направлении с помощью шнеков, что приводит к большому количеству поврежденных клубней, особенно на почвах, засоренных камнями и твердыми комками.

Подкапывающе-сепарирующая приемная часть любой КУМ должна быть открытой для тракториста и комбайнера, так как при попадании в машину посторонних предметов и несвоевременном отключении вала отбора мощности трактора могут произойти серьезные поломки механизмов. КУК КПК-2-01, КПК-2-02 и КПК-3 не отвечают этому условию.

Для территории Республики Беларусь разработано почвенно-географическое районирование: выделены Северная (30 % территории), Центральная (43 %) и Южная (27 %) почвенные провинции, которые делятся на 7 почвенно-климатических округов, 20 агропромышленных районов и 12 подрайонов [1]. Если в северо-западном округе почвенный покров представлен суглинстыми и супесчаными дерново-подзолистыми почвами, то в юго-восточном округе почвы песчаные и супесчаные. Картофель возделывается на полях, слабо засоренных камнями. Таких полей в Минской области – 17,0 %, Гродненской – 14,0 %, Витебской – 10,4 %, Брестской – 4,5 %, в Гомельской и Могилевской областях поля не засорены камнями.

Условия функционирования КУМ в разных странах СНГ, в конкретно взятом хозяйстве, на конкретном поле разнообразны, а качество их работы и производительность зависят от того, из каких рабочих органов скомпонована машина, какой диапазон регулировок предусмотрен и какие способы управления технологическим процессом (ТП) заложены в конструкцию.

Тип, конструкцию и параметры рабочих органов КУМ следует разрабатывать или применять, исходя из условий функционирования: типа почвы, конфигурации и размеров грядок, расположения клубней в гнездах и их урожайности, формы и размеров компонентов грядки, их физико-механических свойств. Все эти свойства картофельного растения не являются постоянными даже на одном и том же поле, не говоря уже о районе, области, республике; они являются случайными в вероятностно-статистическом смысле. Качественные показатели работы КУК зависят от условий функционирования и конструкции машин, а также от рационально подобранных режимов работы (проведенных регулировок).

Учитывая тот факт, что подкапывающе-сепарирующая часть любой КУМ работает в более тяжелых условиях, чем другие рабочие органы, было принято решение заменить на КУК КПК-3, КПК-2-01 и КПК-2-02 их приемную часть серийным картофелекопателем КСТ-1,4А (ОАО «Лидсельмаш») или КСТ-1,4М (ЗАО «Агропромсельмаш»), а для тяжелых почв – модернизированным копателем КСТ-1,4Д с лемешно-дисковой приемной частью по типу Е-686 (рисунок 1).

Технологический процесс КМБ-2

При рабочем движении агрегата (рисунок 2) подрезанный и частично разрушенный активным лемехом 3 пласт поступает на основной элеватор 4, где за счет активного и пассивного встряхивания происходят крошение пласта и основная сепарация почвы.

С основного элеватора оставшаяся клубненоносная масса поступает на второй элеватор 5, где происходит дальнейшая сепарация с последующей подачей массы на третий элеватор и к редкопрутковому транспортеру 7. Клубни и оставшиеся мелкие примеси проваливаются между прутками редкопруткового транспортера на элеватор 6 (рисунок 2), который, частично просыпая мелкую почву в зазоры между прутками, подает массу на пальчиковую поверхность горки 10. В зависимости от настройки комбайна, т. е. в зависимости от угла наклона горки картофель или скатывается в ковшовый транспортер 11, или поступает вместе с примесями к шнеку 9. При этом шнек, пропуская примеси под собой, остальную массу подает на дополнительную пальчиковую горку. Горка осуществляет дополнительную очистку и подачу клубней в ковшовый транспортер, из ковшей которого масса подается на сопроводительный транспортер 17. С сопроводительного транспортера клубни скатываются на прутковый транспортер-переборщик 12. Рабочие-переборщики отбирают камни, комки и растительные остатки и бросают на транспортер примесей 14, который направляет их назад на поле. Из транспортера-переборщика клубни загружаются в бункер-накопитель 13 в зону его заполнения. По мере заполнения указанной зоны бункера включается подвижное дно, и клубни продвигаются в зону выгрузки к откидной части бункера и на-



а



б



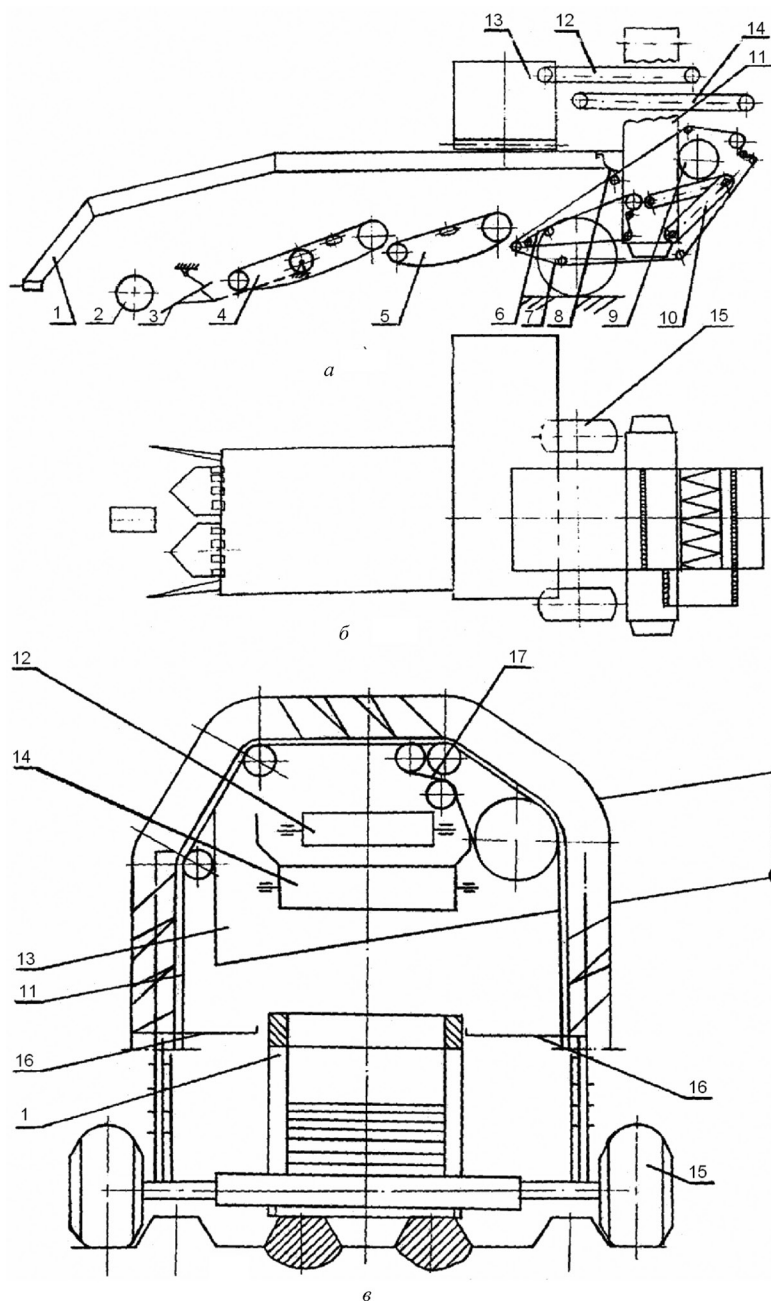
в



г

а – базовая модель КМБ-2 с копателем КСТ-1,4А и переборочным столом; б – базовая модель КМБ-2М с копателем КСТ-1,4М; в – КМБ-2Д с лемешно-дисковой приемной частью и комкодавитель для суглинистых почв; г – копатель-погрузчик КМБ-2–02 с копателем КСТ-1,4А для легких почв, не засоренных камнями

Рисунок 1. – Модернизированные КУМ



а) вид сбоку; б) вид сверху; в) вид сзади

- 1 – рама; 2 – колесо опорное; 3 – лемех; 4 – элеватор основной; 5 – элеватор второй; 6 – элеватор третий;
 7 – транспортер редкопрутковый; 8 – экран ботвоудалителя; 9 – шнек; 10 – горка; 11 – элеватор ковшовый;
 12 – стол переборочный; 13 – бункер; 14 – транспортер примесей; 15 – колеса ходовые;
 16 – площадка переборщиков; 17 – транспортер сопроводительный

Рисунок 2. – Схема принципиальная комбайна КМБ-2

правляющему лотку. При этом откидная часть бункера устанавливается близко к горизонтالي. После заполнения бункера выгрузную часть его направляют в сторону транспортного средства, включается привод транспортера и осуществляется выгрузка картофеля через направляющий лоток в транспортное средство. Возможен вариант выгрузки картофеля в рядом идущее транспортное средство.

Широкая хозяйственная проверка девяти образцов модульных КУМ на протяжении двадцати лет в различных регионах РБ и предварительные испытания в ГУ «Белорусская МИС» [2] выявили следующие достоинства их в сравнении с КПК-2-01 и КПК-3:

1. Высокая технологическая надежность, обеспечиваемая в основном подкапывающей частью и простотой технологической схемы задней части машин и верхнего яруса. Коэффициент надежности технологического процесса равен 0,97. Количество подшипников в приемной части уменьшилось в 2 раза – до 40 шт.

2. Прямоточность ТП нижнего яруса позволила повысить его надежность, устранить забивания в приемной части и уменьшить повреждения клубней в 1,3...2,0 раза.

3. Снижена материалоемкость машины КМБ-2 на 9 % по сравнению с КПК-2-01. Масса КУК КМБ-2 – 5000 кг.

4. Возможность использования копателей КСТ-1,4А и КСТ-1,4М в качестве самостоятельных машин: оперативная трудоемкость демонтажа копателя составляет 2,0 ч, а установки его на комбайн – 2,5 ч.

Литература

1. Природа Белоруссии: Популярная энциклопедия. – Минск: Бел СЭ, 1989. – 599 с.
2. Протокол № 17–95 предварительных испытаний модульного картофелеуборочного комбайна КМБ-2 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 1995. – 39 с.

УДК 631.361

Поступил в редакцию 13.06.2017
Received 13.06.2017

С. Н. Герук, к. т. н., доц., ст. н. сотр., **А. П. Довбиш**, аспирант

*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
Национальной академии аграрных наук Украины (ННЦ «ИМЭСХ»),
п. з. т. Глеваха, Киевская обл., Украина
e-mail: mega_sgeruk@ukr.net; nikgerst@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ КОЛЕБАНИЙ ВИБРОСЕПАРАТОРА НА ДИНАМИКУ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ

Исследована амплитуда колебаний зерновой массы при прохождении резонанса при различных значениях разницы начальных фаз собственных и вынужденных колебаний. Выведены дифференциальные уравнения, описывающие колебания зерновой смеси в зоне резонанса. Установлено, что рост начального значения разности фаз собственных и вынужденных колебаний приводит к уменьшению амплитуды перехода через резонанс. Так, рост указанной величины на 0,2 радианы приводит к уменьшению амплитуды перехода через резонанс до 26 %.

Ключевые слова: математическая модель, зерновая смесь, сепаратор, резонанс.

S. N. Geruk, A. P. Dovbysh

*NSC «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»
National academy of agrarian Sciences of Ukraine (NSC «IAEE»), Glevakha, Kiev region, Ukraine
e-mail: mega_sgeruk@ukr.net; nikgerst@gmail.com*

THE INFLUENCE OF VIBRATORY SEPARATOR OSCILLATIONS EXCITATION ON DYNAMICS OF GRAIN MIXTURE

The grain mass oscillations amplitude when passing the resonance is studied at different values of the initial and forced oscillations difference. The differential equations that describe the oscillations of the grain mixture in resonance zone are deduced.

The graphic dependences of external excitation frequency on the grain mass oscillations amplitude and nonlinearity parameter are developed. The graphic dependences of the resonance amplitude on the external excitation frequency and nonlinearity parameter are developed as well.

It was found that the growth of the initial value of the phase difference of own and forced oscillations caused a reduction in the amplitude of passing through the resonance. Consequently, the growth of the given value by 0.2 rad caused a reduction in the amplitude of passing through the resonance to 26 %.

Keywords: mathematical model, grain mixture, separator resonance.

Постановка проблемы

Технологические процессы подготовки зерна различных сельскохозяйственных культур для переработки, хранения или реализации включают в себя ряд последовательных операций, автоматизация которых приводит к значительному снижению себестоимости конечного продукта. Методы сепарации и адгезии зерна (предпосевная обработка семенного материала с целью использования новейших средств биологического обогащения почвы), а также соответствующие машины указанных технологических процессов получили в последние десятилетия широкое применение в сельском хозяйстве. Их внедрение способствует интенсификации процессов качественной подготовки зерна или посевного материала, позволяет избавиться от многих трудоемких операций. Это обусловлено, с одной стороны, относительно конструктивной простотой указанных машин, а с другой – высокой производительностью.

Анализ последних исследований и публикаций

Теоретическим исследованиям воздушной сепарации зерновых смесей посвящено большое количество работ [1, 2, 3]. Наиболее основательные результаты исследований с использованием математической модели движения материальной точки в турбулентном воздушном потоке получены П. Н. Заикой [4]. Вычисления характеристик движения, выполненные в этих работах, не учитывают показателей собственных колебаний зерновой смеси, а значит процесс ее сепарации в определенной степени зависит от относительной скорости движения зерновой смеси вдоль сита (уменьшается до 15 % при скорости относительного движения 1 м/с). Несмотря на имеющиеся результаты, объем аналитических исследований динамических процессов в данной сфере остается недостаточным.

Постановка задачи

Исследовать амплитуду колебаний зерновой массы при прохождении резонанса при различных значениях разницы начальных фаз собственных и вынужденных колебаний и скоростей прохода через резонанс колебаний.

Изложение основного материала

Известно, что главными факторами, определяющими процесс вибросепарации зерновой массы, являются амплитуда и частота колебаний ее относительного движения вдоль сита. В то же время использование численных методов интегрирования для нее не дает ответа на основные практические вопросы – зависимость частоты колебаний зерновой смеси от амплитуды, параметров внешнего возмущения, основных характеристик зерновой смеси.

Определяющие показатели собственных колебаний зерновой смеси, а значит процесс ее сепарации, в определенной степени зависят от относительной скорости движения зерновой смеси вдоль сита (уменьшается до 15 % при скорости относительного движения 1 м/с). В случае действия возбудителя горизонтальных колебаний на вибромашину интенсивность процесса сепарации в значительной степени зависит от соотношения между частотами собственных колебаний зерновой смеси и внешнего возмущения.

Динамический процесс сепарации зависит от вида взаимодействия сыпучей среды со стенками контейнера. Его будем моделировать в соответствии с принятой физической моделью и крайними условиями для балок с шарнирно закрепленными концами.

Это позволяет дифференциальное уравнение представить в виде:

$$\frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} - \alpha^2 \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} \left(\frac{\partial w(x,t)}{\partial x} \right)^{\nu} = \mu g \left(\tau, \frac{\partial w(x,t)}{\partial x}, \frac{\partial w(x,t)}{\partial t} \right) + \frac{H\omega^2}{\rho} \cos(\omega t + \psi), \quad (1)$$

где $\alpha^2 = \frac{EA}{\rho}(\nu + 1)$, $\tau = \mu t$ – «медленное время»;

$$\begin{aligned} \mu \bar{g} \left(\tau, \frac{\partial w(x,t)}{\partial x}, \frac{\partial w(x,t)}{\partial t} \right) = & \mu g \left(\tau, \frac{\partial w(x,t)}{\partial x}, \frac{\partial w(x,t)}{\partial t} \right) - \\ & - \left(2V \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x \partial t} + V^2 \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial w(x,t)}{\partial x} \frac{dV}{dt} + \frac{\beta}{\rho} \frac{\partial w(x,t)}{\partial t} \right). \end{aligned}$$

Несмотря на то, что ограничения исследуемого объекта в целом незначительны и обоснованы для ряда вибрационных машин с горизонтальным возбуждением колебаний, они одновременно позволяют построить приближенное аналитическое решение уравнения (1) при краевых условиях (2), то есть описать аналитически динамический процесс относительных колебаний зерновой смеси вдоль сита во время процесса вибросепарации.

Вышеприведенное позволяет записать краевые условия для уравнения (1) в виде:

$$w(x,t)|_{x=0} = w(x,t)|_{x=l} = 0. \quad (2)$$

В связи с тем, что в указанном случае математическая модель динамики зерновой смеси является неавтономной (правая часть уравнения (1) является периодической по фазе внешнего периодического возмущения), для нее надо рассматривать два принципиально разных случая: нерезонансный и резонансный. Что касается первого случая (нерезонансного), то, как показано в [5], малое по величине периодическое возмущение в незначительной мере влияет на определяющие показатели колебаний системы.

Если принять во внимание ограничения по величине скорости движения зерновой смеси вдоль сита и внутренней силы трения в ее модели динамического процесса, то можно утверждать, что основные параметры колебаний в процессе сепарации за один период изменяются на незначительную величину. Это позволяет для дифференциальных уравнений использовать аппарат усреднения [5, 6] по переменной.

Таким образом,

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} = & \frac{\mu}{2\Pi\rho\Omega(a)} \int_0^{2\Pi_T} \int_0^l sa(1, \nu + 1, \psi_k) X(x) \left[\hat{f}_1(a, x, \psi) + \frac{2\beta a \Omega(a)}{(3\nu + 4)\rho} X(x) \right] dx d\psi_k; \\ \frac{d\psi}{dt} = & \Omega(a) + \frac{(\nu + 2)}{4a\Pi\rho\Omega(a)} \int_0^{2\Pi_T} \int_0^l ca(\nu + 1, 1, \psi) X(x) \left[\hat{f}_1(a, x, \psi_k) - V^2 \left(\frac{\Pi_x}{l} \right)^2 a X(x) \right] dx d\psi. \end{aligned} \quad (3)$$

Это позволяет утверждать, что амплитуда и частота колебаний зерновой смеси при отсутствии резонанса описываются с точностью до величин порядка дифференциальными уравнениями (3).

Более сложным в исследовании и одновременно важным с практической стороны является резонансный случай, при котором:

а) собственная частота зерновой смеси зависит от амплитуды колебаний;

б) период по фазе собственных колебаний (ψ) равен периоду по указанному аргументом соответствующих Ateb-функций, то есть 2Π ;

в) период внешнего возмущения по фазе внешнего возмущения $\omega t + \phi$ равен 2π . Условием резонанса будем принимать равенство периодов по времени собственных и вынужденных колебаний, то есть $\frac{\Pi}{\Omega(a)} = \frac{\pi}{\omega}$.

Таким образом, резонансные колебания зерновой смеси будут иметь место при выполнении условия $\omega \approx \frac{\pi}{\Pi} \Omega(a)$. Последнее показывает, что для каждой амплитуды собственных колебаний зерновой смеси вдоль сита $\Omega(a) = \alpha a^{\frac{\nu}{2}} \left(\frac{\Pi_x}{l} \right)^{\frac{\nu+2}{2}}$ существует своя резонансная частота возмущения колебаний вибрационного сепаратора

$$\omega = \frac{\pi \alpha}{\Pi} \left(\frac{\Pi_x}{l} \right)^{\frac{\nu+2}{2}} a^{\frac{\nu}{2}}, \quad (4)$$

и наоборот – для каждой частоты возмущений вибрационной машины существует такое значение амплитуды колебаний (амплитуды резонанса) зерновой массы a_p вдоль сита сепаратора, при приближении которой имеют место резонансные колебания

$$a_p = \left\{ \left(\frac{l}{\Pi_x} \right)^{\frac{\nu+2}{2}} \frac{\Pi \omega}{\pi \alpha} \right\}^{\frac{2}{\nu}}. \quad (5)$$

На рисунке 1 представлена зависимость частоты внешнего возмущения от амплитуды a колебаний зерновой массы и параметра нелинейности ν (при $l = 100$ см, $\alpha = 75$), а на рисунке 2 – зависимость амплитуды резонанса от частоты внешнего возмущения и параметра нелинейности ν .

Таким образом, при приближении частоты внешнего возмущения до значения, которое определяется зависимостью (4), имеют место резонансные колебания сыпучей среды. С другой стороны, явление резонанса в квазилинейных или нелинейных системах существенно зависит от разности фаз собственных и вынужденных колебаний.

Поэтому формально, вводя параметр $\vartheta = \frac{\pi}{\Pi} \psi - \theta \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{\Pi} \psi + \vartheta, \psi = \frac{\Pi}{\pi} (\theta - \vartheta)$ в систему дифференциальных уравнений (3), получаем:

$$\frac{da}{dt} = \frac{sa(1, \nu + 1, \psi) \left[\mu \hat{g}(a, \psi) + \frac{H \omega^2}{\rho} \cos\left(\frac{\pi}{\Pi} \psi + \vartheta\right) \right]}{\text{Pa} \Omega(a)}, \quad (6)$$

где $\hat{g}(a, \psi) = \mu \hat{f}_1(a, \psi) - \frac{2\beta a \Omega(a)}{(3\nu + 4)\rho} sa(1, \nu + 1, \psi) - \frac{\nu + 2}{3\nu + 4} \left(\frac{k \Pi_x}{l} \right)^2 V^2 a c a(\nu + 1, 1, \psi)$.

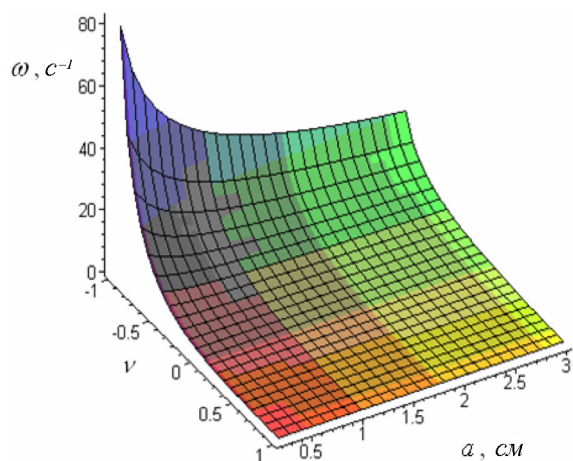


Рисунок 1. – Зависимость частоты внешнего возмущения от амплитуды a колебаний зерновой массы и параметра нелинейности ν

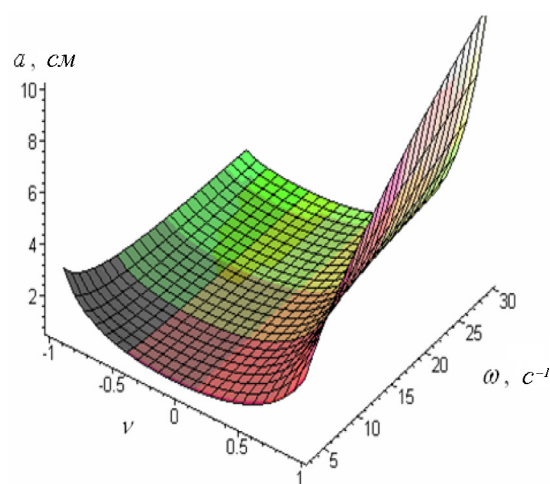


Рисунок 2. – Зависимость амплитуды резонанса от частоты внешнего возмущения и параметра нелинейности ν

Правые части дифференциальных уравнений (6) 2П-периодические по фазе собственных колебаний, а следовательно, их можно усреднить по этой переменной. Приведенное позволяет систему дифференциальных уравнений (6), которые описывают колебания зерновой смеси в зоне резонанса, представить в виде:

$$\frac{da}{dt} = -\frac{2\beta(v+2)^2 a}{(3v+4)\Pi\rho\rho} \frac{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{3}{v+2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{3}{v+2}\right)} - \frac{\hat{H}\omega^2}{2Pap\Omega(a)} \sin \vartheta; \quad (7)$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \alpha a^{\frac{v}{2}} \frac{\Pi\left(\frac{\Pi_x}{l}\right)^{\frac{v+2}{2}}}{\pi} - \omega - \frac{(v+2)^2 a^{\frac{-v}{2}} V^2}{(3v+4)\Pi_T P\alpha\left(\frac{k\Pi_x}{l}\right)^{\frac{v-2}{2}} \Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{3}{v+2}\right)} \frac{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{3}{v+2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{3}{v+2}\right)} + \frac{\check{H}\omega^2}{2Pap\Omega(a)} \cos \vartheta, \quad (8)$$

где $\hat{H} = \frac{1}{2\Pi} \int_0^{2\Pi} sa(1, v+1, \psi) \sin\left(\frac{\pi}{\Pi} \psi\right) d\psi$, $\check{H} = \frac{1}{2\Pi} \int_0^{2\Pi} ca(v+1, 1, \psi) \cos\left(\frac{\pi}{\Pi} \psi\right) d\psi$.

Принимая во внимание, что последняя система уравнений описывает колебания зерновой массы по резонансной зоне, при приближении параметра a к a_p разницу $\alpha a^{\frac{v}{2}} \frac{\Pi\left(\frac{\Pi_x}{l}\right)^{\frac{v+2}{2}}}{\pi} - \omega$ во втором уравнении можно заменить более простым выражением, в частности $\alpha \frac{\Pi\left(\frac{\Pi_x}{l}\right)^{\frac{v+2}{2}}}{\pi} a_p^{\frac{v-2}{2}} (a - a_p)$.

Для некоторых частот внешнего возмущения и физико-механических характеристик зерновой смеси в таблице 1 приведены значения амплитуды резонанса и амплитуды при переходе через резонанс.

Таблица 1. – Зависимость амплитуды колебаний при переходе через резонанс от различных значений внешних и внутренних параметров

Параметры					
$l, \text{см}$	a	v	$\omega, \text{с}^{-1}$	$a_p, \text{см}$	$a, \text{см}$
150	100	-2/3	10	2,754	12,513
150	100	-2/3	12	1,594	16,213
150	100	-2/3	15	0,861	25,187
150	150	-2/3	10	9,295	16,982
150	150	-2/3	12	5,379	15,198
150	150	-2/3	15	2,754	18,214
100	150	-2/3	10	20,915	26,137
100	150	-2/3	12	12,104	21,187
100	150	-2/3	15	6,197	20,143
100	100	-2/3	10	6,108	14,924
100	100	-2/3	12	3,586	15,132
100	100	-2/3	15	1,836	20,513
100	150	-2/5	10	3,580	11,732
100	150	-2/5	12	1,439	12,517
100	150	-2/5	15	0,471	17,784
100	150	-2/7	10	0,743	8,342
100	150	-2/7	12	0,207	11, 156
100	150	-2/7	15	0, 043	9,897

Кроме того, амплитуда перехода через резонанс зависит в большей степени как для квазилинейных систем [7] от начального значения разности фаз собственных и вынужденных колеба-

ний и скорости перехода через резонанс. Результаты, которые касаются численного решения уравнений в стандартном виде (7), (8) при различных значениях начальных фаз собственных и вынужденных колебаний, представлены в таблице 2, а для различных скоростей перехода через резонанс – в таблице 3.

Таблица 2. – Значение амплитуды колебаний зерновой массы при переходе через резонанс при различных значениях разницы начальных фаз собственных и вынужденных колебаний при $\nu = -2/7$

Параметры					
$l, \text{см}$	α	$\omega, \text{с}^{-1}$	$a_p, \text{см}$	$\vartheta_{l=0}, \text{рад.}$	$a, \text{см}$
100	150	10	0,743	0	8,342
100	150	12	0,207	0	7,156
100	150	15	0,043	0	9,897
100	150	10	0,743	0,2	6,154
100	150	12	0,207	0,2	10,042
100	150	15	0,043	0,2	16,943
100	150	10	0,743	0,4	5,214
100	150	12	0,207	0,4	8,256
100	150	15	0,043	0,4	14,013
100	150	10	0,743	0,6	5,011
100	150	12	0,207	0,6	6,123
100	150	15	0,043	0,6	11,087
100	150	10	0,743	1,0	2,413
100	150	12	0,207	1,0	2,621
100	150	15	0,043	1,0	5,312

Таблица 3. – Значение амплитуды колебаний зерновой массы при переходе через резонанс при различных скоростях прохода через резонанс колебаний при $\nu = -2/7$

Параметры						
$l, \text{см}$	α	$\omega, \text{с}^{-1}$	$\vartheta_{l=0}, \text{рад}$	ν	ск. прохода	$a, \text{см}$
150	100	10	0	-2/7	3t	12,347
150	100	12	0	-2/7	3t	18,142
150	100	15	0	-2/7	3t	20,017
150	100	10	0	-2/7	12t	6,142
150	100	12	0	-2/7	12t	8,173
150	100	15	0	-2/7	12t	13,125
150	100	10	0,6	-2/7	12t	3,845
150	100	12	0,6	-2/7	12t	4,464
150	100	15	0,6	-2/7	12t	7,422
150	100	10	0,6	-2/5	12t	6,213
150	100	12	0,6	-2/5	12t	4,827
150	100	15	0,6	-2/5	12t	6,224
150	100	10	0,3	-2/5	12t	7,531
150	100	12	0,3	-2/5	12t	6,423
150	100	15	0,3	-2/5	12t	8,731
100	150	10	0,3	-2/3	12t	7,413
100	150	12	0,3	-2/3	12t	8,326
100	150	15	0,3	-2/3	12t	13,147
100	150	10	0,3	-2/3	6t	10,213
100	150	12	0,3	-2/3	6t	12,641
100	150	15	0,3	-2/3	6t	19,016
100	150	10	1	-2/3	6t	4,831
100	150	12	1	-2/3	6t	4,762
100	150	15	1	-2/3	6t	5,681

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Из приведенного выше следует, что резонансные колебания зерновой смеси в процессе вибрационной обработки имеют место при определенном соотношении между частотой возмущения колебаний сепаратора, амплитудой колебаний ее вдоль сита и основными физико-механическими параметрами зерновой смеси. Кроме того, для значений параметра $-1 < \nu < 0$:

- большим значениям частоты возмущения горизонтальных колебаний вибрационного сепаратора соответствует меньшее значение амплитуды, при котором имеют место резонансные колебания и одновременно амплитуда колебаний зерновой смеси при переходе через резонанс является большей;

- большим значениям параметра соответствует меньшее значение амплитуды, при которой имеет место резонанс, а также меньшее значение амплитуды перехода через резонанс зерновой массы;

- рост начального значения разности фаз собственных и вынужденных колебаний приводит к уменьшению амплитуды перехода через резонанс. Так, рост указанной величины на $0,2 \text{ рад}$ приводит к уменьшению амплитуды перехода через резонанс до 26 %. Что касается скорости перехода через резонанс, то для более быстрого уменьшения разницы частот собственных и вынужденных колебаний амплитуда перехода через резонанс принимает меньшее значение.

Литература

1. Анпилогов, В. А. Исследование динамики частиц при объемной вибрационной обработке / В. А. Анпилогов // Вопросы совершенствования технологических процессов машиностроения. – Ижевск, 1971. – С. 24–35.
2. Бабичев, А. П. Проблемы вибрационной технологии / А. П. Бабичев // Вибрации в технике и технологиях: всеукраинский научн.-техн. журнал. – 1994. – № 1. – С. 1–3.
3. Стоцько, З. А. Вплив оброблюваних деталей на динаміку завантаження контейнера вібромашини / З. А. Стоцько, Б. І. Сокіл, В. Г. Топільницький, М. В. Пилипишин // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2003. – Вип. 37. – С. 39–43.
4. Заика, П. М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел / П. М. Заика. – К.: УСХА, 1998. – 625 с.
5. Волосов, В. М. Метод осреднения в теории нелинейных колебательных систем / В. М. Волосов, Б. И. Моргунов. – М.: МГУ, 1971. – 507 с.
6. Митропольский, Ю. А. Асимптотические решения уравнений в частных производных / Ю. А. Митропольский, Б. И. Моисеенков. – К.: Вища школа, 1976. – 216 с.
7. Боголюбов, Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. – М.: Наука, 1974. – 504 с.

УДК 631.171:631.3 (476)

Поступил в редакцию 19.06.2017
Received 19.06.2017

Н. Г. Бакач, к. т. н., доц., **В. И. Володкевич**, зав. лабораторией, **А. В. Шах**, м. н. с.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Рассмотрено научно-техническое обеспечение реализации инновационных технологий производства основных видов продукции растениеводства в Республике Беларусь. Показано, что основные силы в развитии сельскохозяйственного производства следует направить на повышение уровня механизации технологических процессов путем более эффективного использования инновационных разработок на основе реализации принятых систем машин и оборудования на период до 2020 года.

Ключевые слова: механизация процессов, инновационные технологии, система машин, удельные затраты ресурсов, уровень оснащенности, энерговооруженность.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PRODUCTION OF MAIN TYPES OF CROP PRODUCTION

Reviewed scientific and technical support for the implementation of innovative technologies of production of main types of crop production in the Republic of Belarus. It is shown that the main emphasis in the development of agricultural production should be directed on increase of level of mechanization of technological processes through more effective use of innovation and development through the implementation of accepted systems of machinery and equipment for the period up to 2020.

Keywords: mechanization of processes, innovative technologies, machinery system, the unit costs of resources, equipment, power.

Введение

Повышение эффективности функционирования сельскохозяйственного производства продукции растениеводства в Республике Беларусь может быть достигнуто на основе создания инноваций и их внедрения в сочетании с комплексом организационно-экономических, технических и технологических факторов развития АПК [1]. Удельный вес сельскохозяйственного производства в ВВП республики к настоящему времени составляет около 8,4 процентов, а населения, занятого в сельскохозяйственном производстве – 8,5 процента, поэтому АПК является стратегически важной составляющей для экономики республики [2]. Однако возможности реализации инновационных технологий в части снижения затрат материальных и трудовых ресурсов на производство продукции использованы еще далеко не в полной мере в сравнении с передовыми странами Западной Европы [3]. Так, удельные затраты труда, энергоресурсов и условного топлива в 2015 году на производство зерна составили соответственно 4,8 чел.-ч/т, 10,6 кВт·ч/т и 14,0 кг усл. т./т; картофеля – 10,3, 6,8 и 9,6; сахарной свеклы – 1,3, 0,12 и 2,0; сена – 5,03, 0,21 и 1,3; сенажа – 0,42, 0,20 и 1,3; кукурузы на зеленый корм и силос – 0,65, 0,16 и 1,9 и овощей открытого грунта – 19,2 чел.-ч/т, 11,3 кВт·ч/т и 10,3 кг усл. т./т, что в 1,3–1,7 раза выше, чем в передовых странах Западной Европы. Поэтому основное внимание в развитии сельскохозяйственного производства будет направлено на повышение уровня механизации производственных процессов путем более эффективного использования инновационных разработок.

Основная часть

Научно-техническое обеспечение реализации инновационных технологий производства продукции растениеводства в Республике Беларусь осуществляется в рамках поэтапного выполнения систем машин и оборудования на период до 2020 года. Реализация первого этапа системы машин на 2006–2010 годы позволила создать и освоить производство ряда отечественных машин и оборудования с целью сокращения закупок импортных аналогов для агрегатирования их с тракторами «Беларус» мощностью до 300 л. с. на обработке почвы, посеве, внесении удобрений и транспортно-технологических операциях; для уборки зерна зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью до 12 кг/с; послеуборочной доработки зерна и получения семян на зерноочистительно-сушильных комплексах производительностью до 60 пл. тонн в час; уборки трав и силосных культур кормоуборочными комбайнами мощностью до 450 л. с.; производства корнеклубнеплодов и овощей открытого грунта. Это позволило увеличить объемы производства зерна до 30 процентов, сахарной свеклы – до 15 и овощей – до 20 процентов, повысить производительность труда в 1,2–1,3 раза и снизить удельные затраты ресурсов на 15–20 процентов. Реализация второго этапа системы машин на 2011–2015 годы [4] позволила осуществить дальнейшее сокращение поставок машин из-за рубежа, создать и освоить производство шлейфа машин для агрегатирования с тракторами «Беларус» с мощностью 350 л. с.; уборки зерна зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 12–14 кг/с; послеуборочной доработки зерна и получения семян на зерноочистительно-сушильных комплексах производительностью до

80 пл. тонн в час; уборки кормов из трав и силосных культур кормоуборочными комбайнами мощностью 600 л. с.; машин и оборудования для механизации наиболее трудоемких процессов. Это способствовало увеличению объемов производства продукции растениеводства до 30 процентов, на 25–30 процентов – обновлению машинно-тракторного парка хозяйств более производительными машинами. В итоге на 20–25 процентов достигнуто снижение удельных затрат труда, топлива и электроэнергии при производстве основных видов продукции растениеводства.

Реализация системы машин на период до 2015 года позволила (таблица 1) увеличить по сравнению с 2011 годом оснащенность хозяйств республики энергонасыщенными тракторами мощностью 250 л. с. и более на 13,7 процента, зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 10 кг/с и более – в 1,8 раза, кормоуборочными комбайнами с мощностью двигателя 300 л. с. и более – на 7,5 процента, кормоуборочными комбайнами мощностью 350 л. с. и более – на 53,6 процента и зерноочистительно-сушильными комплексами производительностью 40 и более плановых тонн в час – на 17,4 процента. Вследствие этого нагрузка пашни на энергонасыщенный трактор снизилась в 1,1 раза, посевов сельскохозяйственных культур – в 1,2 раза, уборочной площади на зерноуборочный и кормоуборочный комбайны – в 1,3 и 1,35 раза соответственно, зерна для дальнейшей его переработки на зерноочистительно-сушильных комплексах – в 1,3 раза. Энергооснащенность производства сельскохозяйственной продукции в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, пашни и посевов сельскохозяйственных культур в указанный период оставалась стабильной и достигла к 2015 году 252,9; 381,5 и 358,1 л. с. соответственно, а энерговооруженность труда увеличилась в 1,2 раза и составила 66,8 л. с. в расчете на одного работника, занятого на производстве продукции.

Таблица 1. – Динамика технической оснащенности производства основных видов продукции растениеводства

Показатели технической оснащенности	Годы					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Оснащенность тракторами с мощностью двигателя 250 л. с. и более, ед.	6039	6259	6529	6512	5920	6869
Оснащенность зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 10 кг/с и более, ед.	5009	5798	6248	6544	6568	6386
Оснащенность кормоуборочными комбайнами с мощностью двигателя 350 л. с. и более, ед.	1252	1415	1774	1795	1806	1924
Оснащенность зерноочистительно-сушильными комплексами производительностью 40 пл. тонн/час и более, ед.	409	427	448	461	470	480
Приходится на один трактор с мощностью двигателя 250 л. с. и более:						
сельскохозяйственных угодий, га	1269,6	1218,7	1159,4	1152,6	1264,7	1086,2
пашни, га	778,7	755,0	732,5	751,9	833,3	720,0
посевов сельскохозяйственных культур, га	849,6	835,3	790,6	812,7	897,6	767,1
7–9-корпусных плугов, ед.	0,57	0,57	0,55	0,56	0,61	0,52
комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов шириной захвата более 6 метров, ед.	0,43	0,46	0,47	0,48	0,53	0,45
Приходится уборочной площади на один комбайн, га:						
зерноуборочный с пропускной способностью 10 кг/с и более	565,4	523,5	466,2	445,8	385,2	432,4
кормоуборочный с мощностью двигателя 300 л. с. и более	1206,9	1091,2	872,0	948,7	1005,5	892,4
Приходится объем зерна на зерноочистительно-сушильный комплекс производительностью 40 пл. тонн/час и более, тыс. тонн	20,2	21,6	17,0	20,7	18,4	15,5
Энергооснащенность производства сельскохозяйственной продукции в расчете на 100 га, л. с.:						
сельскохозяйственных угодий	258,1	260,8	264,7	260,9	261,2	252,9
пашни	420,8	421,0	418,9	399,9	396,5	381,5
посевов сельскохозяйственных культур	385,7	380,5	388,1	370,0	368,1	358,1
Энерговооруженность труда в расчете на одного работника, занятого в сельскохозяйственном производстве, л. с./чел.	55,2	56,9	59,9	61,1	62,2	66,8

Вместе с тем по ряду основных позиций выбытие техники в хозяйствах превышало ее поступление (таблица 2). Так, поступление энергонасыщенных тракторов мощностью 250 л. с. и более к концу 2016 года по сравнению с выбытием снизилось в 2,8 раза, зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 10 и более килограммов в секунду – в 11,5 раза и машин для внесения твердых минеральных удобрений – в 7,5 раза. Наметилось заметное превышение выбытия техники по сравнению с ее поступлением и по другим позициям. Вследствие этого уровень технологической обеспеченности сельскохозяйственных организаций республики перспективными машинами и оборудованием не соответствует требуемому (таблица 3). Обеспеченность энергонасыщенными тракторами мощностью 250 л. с. и более не превышает 62,8 процента, самоходными кормоуборочными комбайнами с мощностью двигателя 350 л. с. – 62,7 процента, широкозахватными комбинированными почвообрабатывающими и почвообрабатывающе-посевными агрегатами – 64,5 и 77,8 процента соответственно, машинами для внесения твердых минеральных органических удобрений – 60,5 и 54,1 процента соответственно, машинами для химической защиты растений – 55 процентов и пресс-подборщиками для прессования травянистых кормов в крупногабаритные прямоугольные тюки – 24 процента. Недостаточная обеспеченность хозяйств наиболее востребованной техникой может привести к увеличению сроков проведения полевых работ на 8–10 дней и потерь продукции на 20–25 процентов.

Таблица 2. – Динамика поступления и выбытия основных видов сельскохозяйственной техники

Наименование сельскохозяйственной техники	Поступление и выбытие по годам, единиц											
	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло
Тракторы с мощностью двигателя 250 л. с. и более	379	258	346	257	369	250	148	211	302	218	81	232
Комбайны зерноуборочные с пропускной способностью 10 килограммов в секунду и более	1372	332	777	273	407	306	324	501	101	514	41	470
Комбайны кормоуборочные с мощностью двигателя 350 л. с. и более	210	51	184	45	400	42	63	51	60	62	50	41
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	760	832	395	770	351	778	264	702	137	598	80	597
Машины для внесения твердых органических удобрений	547	670	194	656	189	540	178	488	95	406	57	453
Плуги оборотные 7–9-корпусные	448	43	112	40	84	62	86	86	92	73	43	139
Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты шириной захвата 6 метров и более	160	346	144	307	124	316	81	326	60	226	27	116
Комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты шириной захвата 6 метров и более	358	48	160	86	97	146	67	207	32	245	27	107
Машины для химической защиты растений	285	413	251	376	261	401	400	592	539	487	74	287
Косилки тракторные шириной захвата свыше 8 метров	152	21	73	46	324	76	129	82	89	56	39	84
Прицепы специальные для перевозки кормов	586	621	430	505	540	543	329	517	190	501	111	478
Пресс-подборщики для сено-соломистых материалов	673	505	710	563	708	627	373	587	147	375	113	512
Грабли-ворошилки и валкообразователи	297	451	391	477	616	525	350	547	184	379	179	518
Зерноочистительно-сушильные комплексы производительностью 40 плановых тонн в час и более	56	8	27	7	25	7	18	8	14	1	1	6

Таблица 3. – Уровень технологической обеспеченности сельскохозяйственных организаций основными видами машин и оборудования

Наименование машин и оборудования	Технологическая потребность, единиц	Фактическое наличие, единиц	Уровень обеспеченности, %
Тракторы мощностью 250 л. с. и более	10933	6869	62,8
Комбайны зерноуборочные с пропускной способностью свыше 12 кг/с	1161	720	62,0
Самоходные кормоуборочные комбайны с мощностью двигателя 350 л. с.	3070	1924	62,7
Комбайны картофелеуборочные	1140	881	77,3
Комбайны для уборки сахарной свеклы	576	323	56,1
Плуги для гладкой вспашки 8–9-корпусные и более	4755	3350	70,5
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающие шириной захвата более 6 метров	3090	1992	64,5
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающе-посевные шириной захвата более 6 метров	3607	2806	77,8
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	8794	5321	60,5
Машины для внесения твердых органических удобрений	9505	5146	54,1
Машины для химической защиты растений	7130	3918	55,0
Пресс-подборщики для прессования в крупногабаритные прямоугольные тюки	1294	311	24,0
Прицепы для перевозки силосной и сенажной массы	8319	6437	77,4
Грузовые автомобили	28519	18619	65,3

Дальнейшее техническое обеспечение реализации инновационных технологий производства основных видов продукции растениеводства предусматривается в рамках принятой в Республике Беларусь концепции системы машин и оборудования на период до 2020 года (таблица 4). В ней предусматривается комплекс технических средств качественно нового поколения, позволяющих повысить в 1,5–1,7 раза производительность труда и на 20–30 процентов его энерговооруженность, на 30–35 процентов снизить энерго- и ресурсопотребление, повысить конкурентоспособность продукции на внутреннем и внешнем рынках. Уделено внимание развитию синергетиче-

Таблица 4. – Структура концепции системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основной продукции растениеводства на период до 2020 года

Наименование машин и оборудования	Предусмотрено наименований машин и оборудования, единиц	в том числе:			
		требующие разработки	находящиеся в разработке	рекомендованные к производству	находящиеся на производстве
Тракторы и универсальные энергетические средства	16	–	2	2	12
Погрузочно-разгрузочные и транспортно-технологические средства	23	–	3	5	15
Машины и оборудование для обработки почвы и посева	33	8	5	7	13
Машины и оборудование для внесения удобрений и химических средств защиты растений	20	–	–	7	13
Машины и оборудование для уборки и послеуборочной доработки зерна и семян	66	4	2	8	52
Машины для плющения и дробления влажного зерна	3	–	–	–	3
Машины для ухода за лугопастбищными угодьями	3	3	–	–	–
Машины для заготовки кормов из трав и силосных культур	40	6	7	6	21
Машины и оборудование для возделывания, уборки и послеуборочной доработки корнеклубнеплодов и овощей	96	12	11	8	65
Машины и оборудование для орошения и полива сельскохозяйственных культур	5	1	–	–	4

Наименование машин и оборудования	Предусмотрено наименований машин и оборудования, единиц	в том числе:			
		требующие разработки	находящиеся в разработке	рекомендованные к производству	находящиеся на производстве
Машины и оборудование для возделывания, уборки и первичной переработки льна	26	14	4	1	7
Машины и оборудование для возделывания и уборки плодов и ягод	39	10	2	2	25
Оборудование для информационно-управляемого земледелия	6	4	1	1	–
Итого:	376	37	37	47	230

ской комбинации машиностроения, электронной техники, компьютерных разработок, теории автоматического управления и проектирования систем, базирующихся на технологической платформе мехатроники и формировании инструментально-технологической концепции точного растениеводства для выхода на новый уровень создания роботизированных систем. Для обеспечения инновационных технологий в концепции предусматривается 376 наименований приоритетных машин и оборудования, из которых 99 наименований необходимо разработать; 47 – освоить производство и 230 серийно производить. В реализации концепции задействованы отраслевые организации Национальной академии наук, заводы-изготовители Министерства сельского хозяйства и продовольствия и Министерства промышленности, а также организации частной формы собственности.

Выводы

Реализация принятых систем машин позволит к концу 2020 года:

- достичь уровня оснащённости сельскохозяйственных организаций перспективными машинами и оборудованием для растениеводства до 70 процентов;
- снизить на 60 процентов удельные затраты труда на производство зерна, сахарной свеклы – на 45 процентов, кукурузы на силос – на 50 процентов, картофеля – на 60 процентов; удельный расход топлива – на 15–20 процентов и металла – на 18–22 процента;
- обеспечить условия для получения в хозяйствах республики средней урожайности зерна до 45 ц/га, картофеля – 450 ц/га и сахарной свеклы – 600 ц/га.

Литература

1. Яковчик, С. Г. Научные инновации в области механизации сельского хозяйства Республики Беларусь / С. Г. Яковчик, Н. Г. Бакач, Ю. Л. Салапура // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Т. 1. – С. 3–6.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 230 с.
3. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11.03.2016 № 196. – Минск, 2016. – 96 с.
4. Система перспективных машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства основных видов продукции растениеводства на 2011–2015 годы: рекомендации по применению / Национальная академия наук Беларуси [и др.]; подгот.: В. Г. Самосюк [и др.]. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2013. – 146 с.

В. В. Голдыбан, к. т. н., **И. А. Барановский**, н. сотр., **А. Н. Антоненко**, вед. инженер

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА САЖАЛКИ ГРЯДОВОЙ СГ-2

В статье представлено описание конструкции и рабочего процесса сажалки грядовой СГ-2. Приведена техническая характеристика сажалки, а также показатели ее экономической эффективности.

Ключевые слова: картофель, топинамбур, сажалка, механизация, гряда, высаживающий аппарат, приведенный экономический эффект.

V. V. Goldyban, I. A. Baranovsky, A. N. Antonenko

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labpotato@mail.ru*

RESULTS OF EXPERIMENTAL SAMPLE TESTS OF RIDGE PLANTER SG-2

The article describes the design and working process of the SG-2 mooring plant. The technical characteristics of the planter, as well as the indicators of its economic efficiency are given.

Keywords: potato, Jerusalem artichoke, planting, mechanization, ridge, planting device, reduced economic effect.

Картофель является основным продуктом питания в рационе многих людей во всем мире и занимает второе место после риса по степени распространения. В Республике Беларусь в сельскохозяйственных и фермерских хозяйствах картофель возделывается на площади 64 тыс. га, валовой сбор составляет 1237 тыс. тонн.

Одной из важнейших операций в технологиях возделывания картофеля является посадка, от качества и своевременного выполнения которой в значительной степени зависит судьба урожая.

Современное направление механизации сельскохозяйственного производства предусматривает создание машин нового поколения, способных за один проход выполнить несколько технологических операций.

В настоящее время известные крупные зарубежные фирмы-производители сельскохозяйственной техники (Grimme, Structural, Koning и др.) выпускают высокоэффективные сажалки нового поколения.

Современные требования повышения эффективности и конкурентоспособности диктуют необходимость создания отечественной сажалки, не уступающей по своим техническим показателям лучшим зарубежным аналогам.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и изготовлен в ЗАО «Агропромсельмаш» опытный образец сажалки грядовой СГ-2 (рисунок 1), прошедший приемочные испытания.

Сажалка грядовая СГ-2 предназначена для посадок клубней картофеля и топинамбура на грядах в два рядка с междурядьями 75 см и шириной гряды 1,5 м. Агрегируется с тракторами тягового класса 1,4.

Отличает СГ-2 от аналогов наличие высаживающего аппарата с механизмом точной раскладки клубней, который образован пятью резиновыми ремнями, подающими в автоматическом режиме клубни в сошник. Данный тип высаживающего аппарата не требователен к размерным характеристикам клубней семенного материала (что особенно актуально для клоновых посадок). Уровень локализации отечественных узлов, деталей и комплектующих в конструкции сажалки грядовой СГ-2 составляет не менее 90 %.

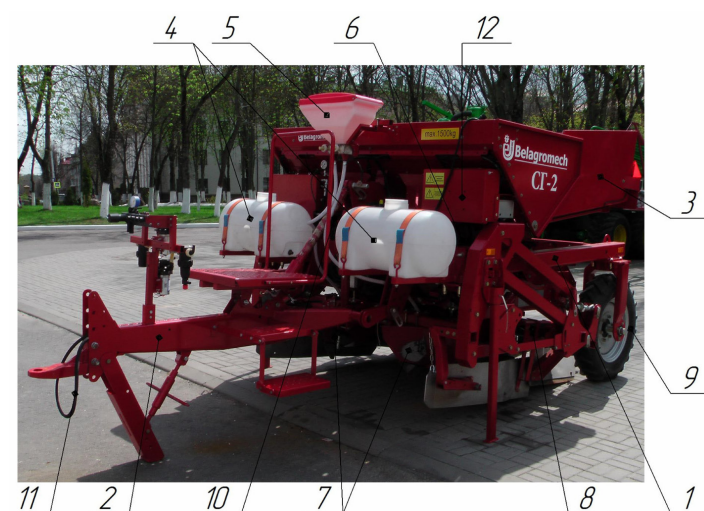


Рисунок 1. – Сажалка грядовая СГ-2

Сажалка выполнена полуприцепной, состоит (рисунок 1) из рамы 1, снпцы 2, бункера для семян 3, оборудования для протравливания клубней 4, оборудования для внесения пестицидов 5, высаживающих аппаратов ременного типа 6, сошников 7, гребнеобразующей плиты 8, колесного хода 9, механизма привода с коробкой передач 10, гидросистемы 11, тормозной системы и электрооборудования 12.

Техническая характеристика сажалки грядовой СГ-2 приведена в таблице 1.

Таблица 1. – Техническая характеристика сажалки грядовой СГ-2

Параметры	Значения
Тип сажалки	полуприцепная
Рабочая ширина захвата, (гряд)	1
Число рядков, <i>шт.</i>	2
Ширина междурядий, <i>см</i>	75
Рабочая скорость движения, не более, <i>км/ч</i>	6
Производительность за час, <i>га</i> :	
– основного времени	0,9
– сменного времени	0,67
– эксплуатационного времени	0,64
Удельный расход топлива, <i>кг/га</i> , не более	10,5
Транспортная скорость, <i>км/ч</i> , не более	15
Количество персонала по профессиям, необходимого для выполнения основной операции, <i>чел.</i>	
– тракторист	1
Загрузочная высота бункера для семян, <i>мм</i> , не более	1950
Вместимость бункера, <i>кг</i> , не менее	1500
Масса сажалки конструкционная, <i>кг</i> , не более	3000
Габаритные размеры, <i>мм</i> :	
– в рабочем положении	
– длина	4700
– ширина	2400
– высота	1920
– в транспортном положении	
– длина	4900
– ширина	2400
– высота	2700
Дорожный просвет, <i>м</i>	0,3
Эксплуатационно-технологические коэффициенты, не менее:	
– технологического обслуживания	0,98
– надежности технологического процесса	0,95
– использования сменного времени	0,75
– использования эксплуатационного времени	0,72

Параметры	Значения
Оборудование для протравливания клубней	
Количество баков	2
Суммарная емкость баков для протравливания, $дм^3$, не менее	200
Заправочная высота баков, $мм$, не более	1600
Тип насоса	мембранный
Производительность насоса, $л/мин$, не менее	15
Количество распылителей, $шт.$	4
Оборудование для внесения пестицидов	
Количество бункеров для пестицидов	1
Емкость бункера для пестицидов, $дм^3$, не менее	21
Загрузочная высота бункера для пестицидов, $мм$, не более	2600
Густота посадки, $тыс. шт./га$	35–70
Глубина посадки, $см$	6–18
Равномерность раскладки клубней в ряду (на основной фракции клубней картофеля 51–80 г, а клубней топинамбура 30–40 г), не менее	$60\% \pm 2 см$

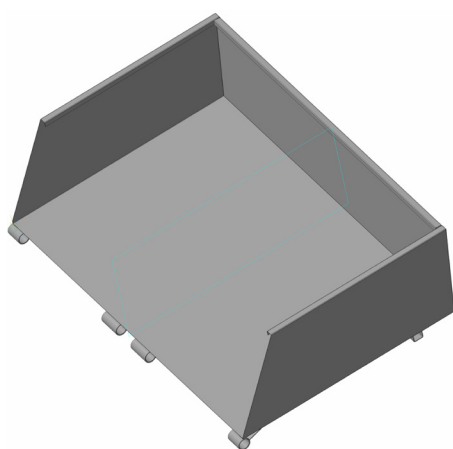


Рисунок 2. – Бункер для семян

Рама является сварной конструкцией, образованной поперечными и продольными брусками, на которой производится монтаж всех узлов и механизмов сажалки.

Бункер для семян (рисунок 2) представляет собой емкость, в трех точках шарнирно закрепленную на раме сажалки, которая должна опускаться или подниматься при помощи гидроцилиндров. Бункер сажалки обеспечивает промежуточное хранение посадочного материала и подачу его под собственным весом в накопительный лоток.

Оборудование для протравливания клубней (рисунок 3) устанавливается на раму сажалки и состоит из бака 1 для раствора; насоса с электроприводом 2; четырехсекционного регулятора расхода жидкости для изменения давления в нагнетательной магистрали 3; фильтрующего элемента 4.

Оборудование для внесения пестицидов (рисунок 4), устанавливаемое на раму сажалки, состоит из бункера 1, дозирующего устройства с электродвигателем 2, рукава гофрированного 3.

Высаживающий аппарат сажалки (рисунок 5) ременного типа состоит из подающих транспортеров, отбойных вальцов, возвратных транспортеров, посадочных ремней круглого сечения, поролоновых роликов и датчиков.

Привод высаживающих аппаратов – механический от ходовых колес сажалки посредством цепных передач.

Грядобразующая плита (рисунок 6) состоит из каркаса, установленного на радиальном подвесе, и регулируется по высоте гидроцилиндром.

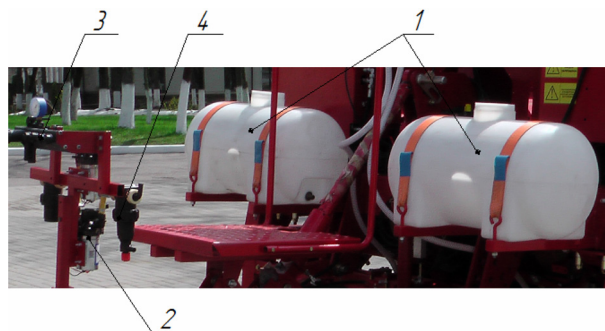


Рисунок 3. – Оборудование для протравливания клубней

Сница (рисунок 7) предназначена для соединения с трактором.

Ходовые (приводные) колеса пневматического типа с дисками установлены на ступицах, которые шарнирно закреплены в подшипниках полуосей; обеспечивают допустимое удельное давление на почву в соответствии с агротехническими требованиями – 0,32 МПа.

Сошник устанавливается на параллелограммной подвеске, и полог обеспечивает копирование рельефа поля, образуя регулируемое по глубине ложе для укладки клубней.

Гидросистема сажалки предназначена для перевода сажалки в рабочее и транспортное положение, привода рабочих органов (транспортёров, ремней, роликов), подъема-опускания бункера и грядообразующей плиты. Гидросистема состоит из гидроцилиндров, гидромоторов, рукавов высокого давления, маслопроводов.

Технологический процесс сажалки осуществляется следующим образом. Перед посадкой грядоделатель нарезает гряды в форме трапеции с основаниями 90 и 150 см, высотой до 45 см,

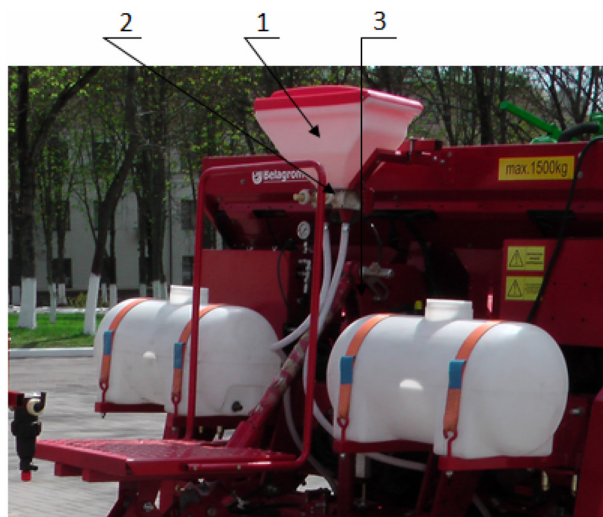


Рисунок 4. – Оборудование для внесения пестицидов

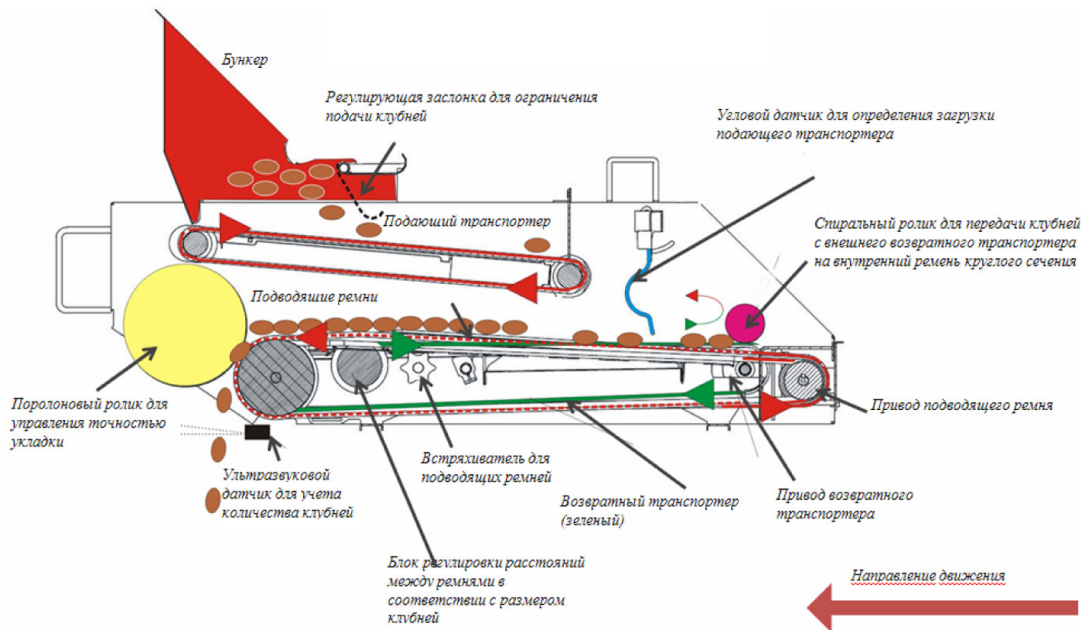


Рисунок 5. – Высаживающий аппарат

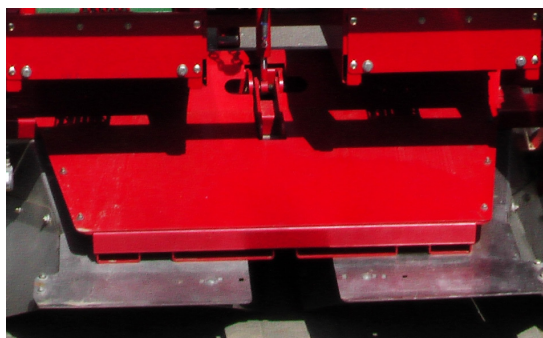


Рисунок 6. – Грядообразующая плита

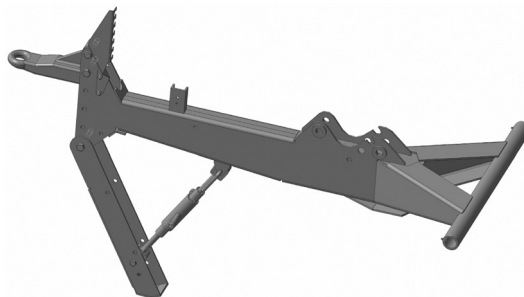


Рисунок 7. – Сница

которые затем подвергаются сепарации с помощью камневого сепаратора. Затем в ряды сажалкой высаживают семенной материал картофеля и топинамбура. При посадке семена из гидравлически опрокидываемого бункера поступают на подающие транспортеры, имеющие отдельные приводы с электромагнитными муфтами, и далее – на высаживающий аппарат. Семена заполняют высаживающий аппарат, продвигаются к отбойным вальцам и под определенным усилием перемещают последние. В результате поднимается противовес и перемещает кнопку микропереключателя, который разрывает электрическую цепь питания электромагнитной муфты привода подающего транспортера и обесточивает ее. Диски электромагнитной муфты расходятся, а подающий транспортер останавливается. Ремни круглого сечения формируют последовательный ряд клубней посадочного материала и с помощью ролика из пенорезины сбрасывают их в сошник в соответствии с нормой высева. Постепенно количество семян на высаживающем аппарате уменьшается, давление на отбойные вальцы тоже уменьшается, и установленный на рычаге противовес перемещает их в исходное положение, а микропереключатель включает электромагнитную муфту и привод подающего транспортера. Семена снова начинают поступать на высаживающий аппарат, обеспечивая его непрерывную работу. При этом точность посадки зависит от качества и размеров семян, а плотность – от установленного соответствующего передаточного числа в цепном редукторе машины.

Оценка показателей назначения и наработка на отказ сажалки проводились на опытных полях РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» согласно договору № 19/73 от 27 апреля 2016 г. в период с 22 апреля по 1 июня 2016 г. и КВХ «Бортники Агро» (письмо № 07 от 05.02.2016, ГТН № 2472986 от 08 июня 2016 г.).

Показатели, характеризующие условия испытаний сажалки рядовой при реальной эксплуатации, соответствовали требованиям технического задания и действующих ТНПА [1].

Функциональные показатели качества выполнения технологического процесса сажалки рядовой определялись при стендовых (лабораторных) испытаниях и в условиях реальной эксплуатации – при эксплуатационной технологической оценке (рисунок 8).



Рисунок 8. – Проверка агротехнических показателей сажалки СГ-2

Испытания сажалки выполнены в полном объеме. Результаты испытаний и заключений изложены в протоколе ИЦ ГУ «Белорусская МИС» 066Б1/8–2016С от 18 ноября 2016 года [2].

По данным ИЦ ГУ «Белорусская МИС», годовой приведенный экономический эффект от использования сажалки составил 11031,75 руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ – 6734,45 руб. Сравнительный анализ экономических показателей сажалки приводился в сравнении с показателями сажалки Grimme GL-34 (Германия).

Заключение

Разработанный опытный образец сажалки рядовой СГ-2 соответствует требованиям технического задания и действующих ТНПА.

По своим технико-экономическим характеристикам сажалка рядовая соответствует лучшим зарубежным образцам.

Анализ экономических показателей сажалки грядовой СГ-2 свидетельствует, что при освоении серийного производства машин ее стоимость ориентировочно на 20 % меньше зарубежного аналога Grimme GL-34 (Германия).

Практическое применение сажалки грядовой СГ-2 имеет важное народнохозяйственное значение для АПК Республики Беларусь.

Литература

1. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности: СТБ П 1616–2006. – Минск: Госстандарт, 2006.
2. Протокол № 066Б1/8–2016С приемочных испытаний сажалки грядовой СГ-2 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2016 г. – 85 с.

УДК 631.171:631.3 (476)

Поступил в редакцию 22.06.2017
Received 22.06.2017

Н. Г. Бакач, к. т. н., доц., **В. И. Володкевич**, зав. лабораторией, **А. В. Шах**, м. н. с.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЗАКЛАДКИ НА ХРАНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СТОЛОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ

Выполнен анализ эффективности применения машин и оборудования для производства и закладки на хранение моркови и свеклы столовой в хозяйствах Республики Беларусь. Уделено основное внимание техническому обеспечению производства столовых корнеплодов с целью повышения уровня механизации производственных процессов за счет более эффективного использования инновационных разработок.

Ключевые слова: столовые корнеплоды, хранение, средства механизации, инновационные технологии, эффективность применения.

N. G. Bakach, V. I. Volodkevich, A. V. Shakh

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING OF MACHINERY AND EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION AND LAYING FOR STORAGE OF BASIC TYPES OF TABLE ROOT CROPS

The analysis of the efficiency of machinery and equipment for the production and laying for storage of carrots and beets dining room in the farms of the Republic of Belarus. Focus on the maintenance of production of table root crops with the aim of increasing the level of mechanization of production processes through more efficient use of innovations.

Keywords: table root crops, storage, mechanization, innovation, efficiency.

Введение

Повышение эффективности механизации производства и закладки на хранение основных видов столовых корнеплодов в Республике Беларусь может быть достигнуто на основе создания и внедрения в производство инновационных разработок [1]. Однако возможности их реализации в овощеводческих хозяйствах республики используются далеко не в полной мере, особенно в части снижения затрат ресурсов [2]. Так, удельные затраты труда на производство столовой моркови достигают до 3,2 чел.-ч/т, энергоресурсов – до 10,3 кВт·ч/т и условного топлива – до 7,6 кг у. т./т; столовой свеклы – 6,5 чел.-ч/т, 8,7 кВт·ч/т и 6,4 кг у. т./т соответственно, что в 1,6–1,8 раза выше, чем в передовых европейских странах [3]. Поэтому основное внимание в техническом обеспечении производства и закладки на хранение столовых корнеплодов следует уделить повышению уровня механизации производственных процессов путем более эффективного использования инновационных разработок.

Основная часть

В структуре посевных площадей овощных культур открытого грунта столовые корнеплоды занимают около 30,0 тыс. гектаров, или 45,2 процента [4]. Из возделываемых столовых корнеплодов морковь занимает 10,6 тыс. гектаров (35,3 процента), столовая свекла – 8,1 тыс. гектаров (27 процентов). Урожайность столовой моркови в 2016 году составила в среднем около 280 центнеров с гектара, свеклы столовой – 230, что в 2–3 раза ниже их потенциальной возможности. Это обуславливает необходимость совершенствования технического обеспечения их производства. На формирование машинно-тракторных агрегатов в различных регионах влияет ряд факторов. К наиболее значимым следует отнести природно-производственные факторы, среди которых наиболее значимы длина гона и контурность участков полей.

Анализ условий применения техники в регионах республики (таблица 1) показывает, что длина гона и средняя контурность участков полей в овощеводческих хозяйствах республики варьируют в широком диапазоне. Приведенная характеристика участков полей позволит учитывать ее при комплектовании машинно-тракторных агрегатов для возделывания и уборки столовых корнеплодов в хозяйствах различных регионов республики.

Таблица 1. – Показатели условий применения средств механизации для производства столовых корнеплодов в хозяйствах республики

Наименование областей	Длина гона, метров		Площадь участков, гектаров	
	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная
Брестская	459,3	640,2	14,1	26,7
Витебская	300,3	485,0	6,0	22,5
Гомельская	484,0	586,1	19,2	35,8
Гродненская	386,2	648,4	13,5	24,9
Минская	379,6	613,6	16,7	27,5
Могилевская	567,6	688,0	20,2	24,4

С учетом степени влияния природно-производственных факторов на эффективность применения машин и оборудования и результатов исследований РУП «Институт овощеводства» [5] по возделыванию и уборке столовых корнеплодов в условиях республики сформированы эффективные технологические комплексы машин и оборудования для реализации перспективных технологий производства и закладки на хранение столовой моркови и свеклы (таблица 2 и 3). В целях минимизации борьбы с сорняками путем дискования почвы в осенний период предлагается применение дискового почвообрабатывающего агрегата АПН-4 с трактором «Беларус-1221». Для внесения гербицидов с целью более раннего уничтожения сорняков предлагается применение опрыскивателя «Мекосан-2500-18» с трактором «Беларус-820». Для внесения основных доз твердых минеральных удобрений предлагается применение машины РМУ-8000 с трактором «Беларус-1221», чизелевания почвы – чизельного культиватора КНЧ-4,2 с трактором «Беларус-1221» и предпосевной подготовки почвы – комбинированного почвообрабатывающего агрегата АКШ-6,0 с трактором «Беларус-1221».

С учетом результатов исследований, проведенных РУП «Институт овощеводства» [5], наряду с известными способами предлагается способ возделывания столовых корнеплодов на узкопрофильных грядах. Такой технологический прием увеличивает плодородный слой почвы в зоне корнеобитания растений, повышает аэрацию и прогреваемость и исключает ее переувлажнение в период обильного выпадения осадков; позволяет снизить до 30 процентов потребность в применении минеральных удобрений в период вегетации растений и уменьшить на 15 процентов норму высева семян; обеспечить возможность копирования поверхности почвы рабочими органами машин при уходе за растениями, защитную зону до 3–5 сантиметров; до 70–75 процентов – механическое уничтожение сорняков, ленточное внесение гербицидов и снижение их расхода в 2–3 раза; повышает урожайность корнеплодов на 25–30 процентов и выход стандартной продукции до 80–90 процентов; способствует снижению содержания нитратов в корнеплодах на

Таблица 2. – Эффективность применения перспективного комплекса машин и оборудования для производства и закладки на хранение столовой моркови

Перечень технологических процессов	Применяемые комплексы машин и оборудования		Затраты средств на реализацию технологических процессов, руб./га			
	энергосредства	сельскохозяйственные машины и оборудование	всего	в том числе		
				заработная плата	затраты на эксплуатацию	прочие затраты
Основная обработка почвы и внесение удобрений						
Дискование; внесение гербицидов; погрузка, транспортировка и внесение минеральных удобрений; вспашка почвы	«Беларус-1221»; «Беларус-820»; «Амкодор-332С»	АПН-4; МЖТФ-6; «Мекосан-2500-18»; РМУ-8000; ППО-4-40К	132,05	3,09	72,77	56,19
Предпосевная обработка почвы и посев						
Чизелевание, внесение минеральных удобрений, предпосевная обработка почвы, подготовка семян к посеву, нарезка гряд и посев	«Беларус-1221»; «Беларус-820»; «Амкодор-332С»	КНЧ-4,2; РМУ-8000; АКШ-6-03; КПА-2,8; ПНШ-1; АКП-4,0	138,87	2,93	80,60	55,34
Уход за посевами						
Приготовление раствора гербицидов, опрыскивание посевов, полив, уход за растениями	«Беларус-1221»; «Беларус-820»	МЖТФ-6; «Мекосан-2500-18»; КРН-5,6; УД-2500; КРК-6	181,2	7,52	109,54	64,12
Уборка, транспортировка и закладка на хранение и хранение в хранилище						
Уборка корнеплодов, транспортировка к месту хранения, предварительная переборка, транспортировка после переборки, загрузка в контейнеры, штабелирование контейнеров для хранения	«Беларус-820»; МАЗ-650108; «Амкодор Е-25»	КТМ-1; ППС-20-60; КН-650; КТ-40; ЗТ-40; НК-40	2520,2	47,1	2244,0	229,1
Всего:			2972,3	60,64	2506,91	404,75

25–30 процентов, энергозатрат при уборке – на 20–40 процентов и общих потерь продукции – на 8–10 процентов. Для реализации приема предлагается комбинированный агрегат КПА-2,8 или универсальный культиватор УКО-0,7 в агрегате с трактором «Беларус-820». Для посева столовой моркови предлагаются комбинированные посевные агрегаты АКП-4 или КПА-2,8 с трактором «Беларус-820»; столовой свеклы – типоразмерный ряд пневматических сеялок СПО-2/4/6 или сеялка СО-4,2 с трактором «Беларус-820». Уход за посевами столовых корнеплодов предлагается с использованием опрыскивателя «Мекосан-2500-18» в агрегате с трактором «Беларус-800», универсального культиватора-окучника УКО-0,7 в агрегате с трактором «Беларус-800». Для полива столовых корнеплодов предлагается дождевальная установка УД-2500. Для уборки столовой моркови предлагается комбайн теребильного типа КТМ-1, столовой свеклы – картофелеуборочный комбайн КПК-2 с адаптерами типа КАН с дальнейшей погрузкой корнеплодов в контейнеры, доставкой их в овощехранилище и хранением. Для повышения урожайности столовых корнеплодов и снижения потерь при хранении предлагаемый технологический комплекс машин может быть дополнен чизельным глубокорыхлителем ГЧ-4 для разуплотнения подпахотного слоя почвы, штанговой машиной МШВУ-18 для высокоточного внесения твердых минеральных удобрений и комплексом оборудования для механизации работ в овощехранилищах [2]. Анализ эффективности предлагаемого комплекса машин показал, что себестоимость механизированных работ в зависимости от условий применения составляет до 2973 руб./га, при этом на

Таблица 3. – Эффективность применения перспективного комплекса машин и оборудования для производства и закладки на хранение столовой свеклы

Перечень технологических процессов	Применяемые комплексы машин и оборудования		Затраты средств на реализацию технологических процессов, руб./га			
	энергосредства	сельскохозяйственные машины и оборудование	всего	в том числе		
				заработная плата	затраты на эксплуатацию	прочие затраты
Основная обработка почвы и внесение удобрений						
Дискование, внесение гербицидов, погрузка, транспортировка и внесение минеральных удобрений, вспашка почвы	«Беларус-3022»; «Беларус-1221»; «Беларус-820»; «Амкодор 332С»	АПН-4; МЖТФ-6; «Мекосан-2500-18»; РМУ-8000; МТУ-24; ППО-4-40К; КПС-6М	275,6	27,6	181,04	66,96
Предпосевная обработка почвы и посев						
Чизелевание, внесение минеральных удобрений, предпосевная обработка почвы, подготовка семян к посеву, нарезка гряд и посев	«Беларус-221»; «Беларус-820»; «Амкодор 332С»	КПС-6М; АКШ-6-03; ПНШ-1; КПА-2,8; СПО-2/4/6	286,9	28,7	129,6	128,6
Уход за посевами						
Приготовление раствора гербицидов, опрыскивание посевов, полив растений, междурядная обработка	«Беларус-1221»; «Беларус-820»	АБ-9; МЖТФ-6; «Мекосан-2500-18»; УД-2500; КРК-6	382,5	38,3	68,84	275,36
Уборка, транспортировка и закладка на хранение и хранение в хранилище						
Уборка корнеплодов, транспортировка к месту хранения, предварительная переборка, транспортировка после переборки, загрузка в контейнеры, штабелирование контейнеров в хранилище для хранения	«Беларус-820»; МАЗ-650108; «Амкодор Е-25»	КПК-2; ППС-20-60; КН-650; КТ-40; ЗТ-40;	3555,0	355,5	2847,56	351,94
		Всего:	4500,0	450,1	3227,04	822,86

подготовке почвы, внесении удобрений и посеве – до 270,9 руб./га (9,1 процента в общей структуре затрат); уходе за посевами – до 181,2 руб./га (6,1 процента); уборке, транспортировке и хранении – до 2520,2 руб./га (84,7 процента). Себестоимость механизированных работ на производстве и закладке на хранение столовой свеклы составляет до 4500 руб./га, при этом на подготовке почвы, внесении удобрений и посеве – до 562,5 руб./га (12,5 процента); уходе за посевами – до 382,5 руб./га (8,5 процента); уборке, транспортировке и закладке на хранение – до 3555,0 руб./га (79 процентов).

Применение технологического комплекса машин и оборудования для механизации работ в овощехранилищах производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (таблица 4) показывает, что использование приемно-сортировального пункта ППС-20-60 обеспечивает эксплуатационную производительность до 26 тонн в час, при этом удельный расход электроэнергии составляет до 0,065 кВт·ч/т, удельная материалоемкость – до 144 кг·ч/т

и затраты на эксплуатацию техники – до 24,3 руб./т; наклонного конвейера КН-650 – до 32 тонн в час, 0,02 кВт·ч/т, 25,8 кг·ч/т и 14 руб./т соответственно; телескопического конвейера КТ-40 – до 32 тонн в час, 0,06 кВт·ч/т, 82 кг·ч/т и 1,5 руб./т соответственно; телескопического загрузчика ЗТ-40 – до 32 тонн в час, 0,13 кВт·ч/т, 87,5 кг·ч/т и 2,0 руб./т соответственно и накопителя контейнеров НК-40 – до 32 тонн в час, 0,03 кВт·ч/т, 50 кг·ч/т и 15 руб./т соответственно.

Таблица 4. – Оценка эффективности применения перспективного комплекса машин и оборудования для закладки на хранение основных видов корнеплодов в овощехранилище

Наименование применяемых машин и оборудования	Марка машин и оборудования	Показатели назначения	Показатели эффективности применения			
			эксплуатационная производительность, т/ч	удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	удельная материалоемкость, кг·ч/т	Затраты на эксплуатацию техники, руб./т
Приемно-сортировальный пункт	ППС-20-60	вместимость приемного бункера, м – 0,85–1,0; ширина подающего транспортера, м – 6,0; количество фракций деления – 3/4	24,8–26,0	0,065	142,0–144,0	18,9–24,3
Конвейер наклонный	КН-650	Высота приема корнеплодов, м – 0,8; длина ленты транспортера, мм – 5800; ширина ленты транспортера, мм – 650	24,0–32,0	0,02	23,7–25,8	12,5–14,0
Конвейер телескопический	КТ-40	ширина ленты транспортера, мм – 650	24,2–32,0	0,06	80–82	0,9–1,5
Загрузчик телескопический	ЗТ-40	ширина ленты транспортера, мм – 650	24,0–32,0	0,13	83–87,5	1,5–2,0
Накопитель контейнеров	НК-40	высота загрузки, мм – 1625–1850; ширина ленты конвейера, мм – 650; количество одновременно заполняемых контейнеров, шт. – 2	30–32	0,03	50,0	12–15,0

Применение предлагаемого технологического комплекса машин и оборудования для производства и закладки на хранение столовых корнеплодов по сравнению с существующим позволит обеспечить на 20–25 процентов снижение затрат труда, на 15–20 процентов – удельного расхода топливно-энергетических ресурсов, на 20–25 процентов – удельной материалоемкости и до 15 процентов – потерь продукции.

Выводы

Для достижения среднеевропейских показателей затрат на производство и хранение основных видов столовых корнеплодов в республике предлагается перспективный технологический комплекс машин и оборудования, созданный для обеспечения инновационных технологий их производства и подготовки к хранению. Реализация предлагаемого комплекса машин и оборудования позволит обеспечить существенный рост производительности труда, экономию топлива, энергетических ресурсов, снизить потери продукции и в конечном итоге получить продукцию, конкурентоспособную на внутреннем и внешнем рынках.

Литература

1. Яковчик, С. Г. Направления развития механизации сельского хозяйства Республики Беларусь / С. Г. Яковчик, Н. Г. Бакач, Ю. Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 3–7.

2. Яковчик, С. Г. Технические средства для реализации инновационных технологий производства сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь на современном этапе / С. Г. Яковчик // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. междунар. науч.-техн. конф., Москва, 15–16 сентября 2015 г. / ФГБНУ ВИМ. – М., 2015. – Ч. 1. – С. 14–18.

3. Аутко, А. А. Система машин в Беларуси / А. А. Аутко, П. И. Циркунов, С. Г. Ягодик, И. Н. Путьрский // Картофель и овощи. – 2016. – № 12. – С. 21–23.

4. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 230 с.

5. Степура, М. Ф. Научные основы инженерных технологий овощных культур / М. Ф. Степура, А. А. Аутко, Н. Ф. Рассоха. – Минск: А. Н. Вараксин, 2011. – 296 с.

УДК 631.353:636.085.4/52

Поступил в редакцию 26.06.2017

Received 26.06.2017

Н. Г. Бакач, к. т. н., доц., **И. М. Лабоцкий**, к. т. н., **М. В. Иванов**, м. н. с.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromech@tut.by; labkormov@mail.ru*

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПЛОТНЕНИЯ КОРМОВ В ТРАНШЕЙНЫХ ХРАНИЛИЩАХ

Представлены созданные и внедренные в производство агрегаты для уплотнения кормов в траншейных хранилищах, а также направления, обеспечивающие повышение скорости уплотнения и плотности кормов.

Ключевые слова: корма, силос, сенаж, агрегат, траншея, каток, нагрузка.

N. G. Bakach, I. M. Labotsky, M. V. Ivanov,

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromech@tut.by; labkormov@mail.ru*

TECHNICAL PROTECTION OF FILLING OF FODDER IN THE TRANSFORARY STORAGE

Presented are units for compaction of fodder in trench storage, created and introduced into production, as well as directions for increasing the rate of compaction and forage density.

Keywords: fodder, silage, haylage, aggregate, trench, roller, load.

Мировым опытом доказано, что продуктивность сельскохозяйственных животных и эффективность животноводческой отрасли на 60 % зависят от уровня кормления и качества основных видов кормов. В структуре кормового баланса для крупного рогатого скота в настоящее время и на ближайшую перспективу остаются основные виды кормов, заготавливаемые из трав и силосных культур – сено, сенаж, силос. Согласно Стратегии развития кормопроизводства на период до 2020 года, для обеспечения молочной продуктивности на уровне 6000–7000 кг энергетическая питательность 1 кг сухого вещества должна составлять: сена – 9...9,2 МДж, сенажа – 10,6...10,9 МДж, силоса – 10,5...10,8 МДж при содержании сырого протеина в сухом веществе: сена – 13...14 %, сенажа – 15...16 % и силоса – 14...15 %. За счет повышения качества кормов намечено до 2020 года снизить их расход на производство 1 кг молока до 0,95 кормовой единицы и 8–9 кормовых единиц на 1 кг привеса говядины [1].

Обеспечить намеченные уровни качества кормов возможно, лишь применяя инновационные технологии их производства.

Для нужд отечественного животноводства в республике ежегодно заготавливается свыше 25 миллионов тонн сенажа и силоса с хранением в траншейных хранилищах. Основными факторами, определяющими уровни качества и потерь в процессе заготовки, являются: пригодность

(фаза вегетации) растений к началу уборки; влажность сенажной и силосной массы; плотность укладки массы; герметичность укрытия (упаковки) и продолжительность заполнения хранилища. Невыполнение любого из этих факторов ведет к потерям питательных веществ как в процессе заполнения хранилища, так и в процессе хранения корма. Оптимальные значения факторов установлены, экспериментально апробированы на практике и приведены в ТНПА [2, 3].

Особого внимания требует техническое обеспечение выполнения технологических операций, поскольку в процессе возделывания, уборки, закладки на хранение, хранения и подготовки к скармливанию потери могут превышать 25 % биологического урожая культур.

Для реализации инновационных технологических процессов заготовки основных видов кормов из трав и силосных культур в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создан и поставлен на производство комплекс машин для заготовки сенажа и силоса в измельченном виде с последующим хранением в траншейных хранилищах. При этом способе хранения основными факторами, определяющими качество кормов, являются плотность массы и герметичность укрытия хранилища.

В настоящее время для уплотнения кормов в траншейных хранилищах применяют колесные тракторы «Кировец» и энергонасыщенные тракторы «Беларус», а также импортные машины аналогичного класса. Перечисленные средства механизации обеспечивают уплотнение сенажа до плотности от 500 до 550 кг/м³, кукурузного силоса – от 600 до 650 кг/м³, при этом часовая производительность осуществляющих уплотнение силосной или сенажной массы агрегатов зависит от массы последних. Так, при уплотнении кукурузного силоса влажностью от 60 до 70 % часовая производительность равна трем массам агрегата, а при уплотнении сенажной массы – двум массам агрегата.

Созданные и внедренные в производство новые агрегаты АЗВК «Амкодор 352-02» и «АРУК-5» (рисунки 1 и 2) выполняют загрузку, распределение и уплотнение кормов в траншейных храни-



Рисунок 1. – Агрегат АЗВК «Амкодор»



а



б

а – загрузка и распределение массы; б – уплотнение массы

Рисунок 2. – Агрегат АРУК-5

лищах. Эти агрегаты имеют массу 15 тонн и 19 тонн соответственно, их применение позволяет повысить производительность процесса на 30 % в сравнении с тракторами. Техническая характеристика агрегатов представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Техническая характеристика агрегатов

Наименование показателя	Значение	
	АЗВК	АРУК-5
Тип	навесной	навесной
Производительность за час сменного времени, <i>t</i> , не менее:		
– при закладке силосной массы	45	55
– при закладке сенажной массы	30	35
Масса, <i>кг</i> :		
– агрегата с трактором	15000	19000
Ширина распределения массы, <i>м</i>	3	от 3 до 5
Плотность укладки, <i>кг/м³</i> :		
– сенажной массы	450...460	536...555
– силосной массы	450...500	565...664

В настоящее время технические возможности применяемых комплексов машин для заготовки силоса и сенажа: косилок, ворошилок, граблей-валкователей, кормоуборочных комбайнов, транспортных средств, по основному показателю назначения – производительности, обеспечивают дневную наработку до 700 тонн сенажа, а силоса – свыше 1000 тонн, следовательно, производительность агрегатов для уплотнения кормов явно недостаточна и темпы уборочных работ сдерживаются в 1,5–2 раза. В результате не достигается требуемого качества кормов и возрастают потери.

Ускорение процесса уплотнения, повышение плотности и снижение потерь кормов в траншейных хранилищах является актуальной проблемой.

Известные агрегаты для уплотнения кормов осуществляют уплотнение под действием статической нагрузки, значение которой определяется величиной массы агрегата и площадью опорной поверхности ходовой системы.

На практике для повышения нагрузки увеличивают массу агрегатов путем навешивания дополнительных грузов. Однако препятствием для наращивания массы агрегатов становятся допустимые нагрузки на оси тракторов. Производительность агрегатов этим способом уже доведена до предельного значения.

Исходя из изложенного, необходимо изыскание новых способов и механизмов, обеспечивающих повышение скорости уплотнения и плотности кормов в хранилищах. С этой целью проведены патентные исследования и обзор публикаций с описанием способов уплотнения кормов. Установлено, что известные способы имеют как достоинства, так и недостатки, однако в условиях ведения современного кормопроизводства основными недостатками являются низкая производительность и достигаемая плотность при уплотнении кормов [4].

Вместе с тем известны и нашли применение в других отраслях устройства, обеспечивающие ускорение уплотнения материалов под действием переменных динамических (вибродинамических) нагрузок. В качестве рабочей гипотезы намечено изучить процесс уплотнения кормов путем приложения статических и переменных динамических (вибродинамических) нагрузок, изменяющих свои значения с определенными параметрами, позволяющими изменить удельное давление уплотняющего устройства (катка) на кормовую массу и этим способом ускорить уплотнение и увеличить плотность корма в хранилище.

В качестве базового варианта для создания нового типа агрегата для уплотнения кормов, оказывающего на кормовую массу два вида нагрузок: статический и динамический (вибродинамический), используется агрегат АРУК-5. В настоящее время среди ученых нет единого мнения о механизме процесса уплотнения травянистых сред статическими и вибродинамическими нагрузками. Для описания закономерностей деформирования растительных материалов, обладаю-

щих сложными свойствами, намечено применить реологические модели, позволяющие адекватно описывать процессы уплотнения растительных материалов в области возможных деформаций и нагружений. Необходимо проведение исследований по изучению особенностей протекания уплотнения силосной и сенажной массы в траншейных хранилищах под действием статических и вибродинамических нагрузок с использованием макетного образца уплотнителя.

Литература

1. Привалов, Ф. И. Стратегия развития кормопроизводства до 2020 года / Ф. И. Привалов // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 68.
2. Сенаж. Технические условия: ГОСТ 23637–90. – Введ. 01.05.91. – Москва: Межгосударственный стандарт: ИПК издательство стандартов, 2003. – 8 с.
3. Силос из кормовых растений. Общие технические условия: ГОСТ 55986–2014. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2014. – 10 с.
4. Исследование процесса уплотнения силосной и сенажной массы в траншейных хранилищах под действием переменных динамических нагрузок: отчет о патентных исследованиях / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; рук. И. М. Лабоцкий. – Минск, 2017. – 31 с. – № ГР 20170745.

УДК 636.085.51.631.35

Поступил в редакцию 21.06.2017
Received 21.06.2017

И. М. Лабоцкий, к. т. н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromech@tut.by; labkormov@mail.ru*

ТЕХНИКА ДЛЯ СКАШИВАНИЯ ТРАВ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Представлены созданные и освоенные в производстве косилки и косилки-плющилки, а также изложены направления их совершенствования.

Ключевые слова: косилка, косилка-плющилка, косилка блочно-модульная, нож, навеска, башмак, кондиционер, плющильные вальцы, режущий брус.

I. M. Labotsky

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromech@tut.by; labkormov@mail.ru*

TECHNOLOGY FOR MOWING HERBS. STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

The mowers and mower-conditioner created and mastered in production are presented, as well as the directions for their improvement.

Keywords: mower, mower-conditioner, block-modular mower, knife, hinge, shoe, conditioner, crushing rollers, cutting beam.

Сельхозпредприятия республики на кормовые нужды заготавливают из трав сено, травяной силос и сенаж. На эти цели используют многолетние травы, возделываемые на площади 905 тыс. га, а также травы улучшенных луговых угодий, площадь которых составляет 1795 тыс. га. Для скашивания трав в хозяйствах имеется 6600 косилок всех типов, которыми можно провести уборку в агротехнические сроки за 10–12 дней. Парк косилок составляют в основном косилки тракторные в навесном или прицепном исполнении, ширина захвата которых варьирует в пределах от 2,1 до 9 м. Больше половины (свыше 3500 шт.) косилок имеют ширину захвата менее 6 м. Их скорость резания не превышает 75 м/с, рабочая скорость – до 10 км/ч, соответственно, невысока производительность (до 2 т/ч).



Рисунок 1. – Косилка дисковая навесная КДН-3,1

С целью повышения производительности при скашивании трав в НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства созданы и поставлены на производство скоростные тракторные косилки с дисковыми режущими аппаратами КДН-2,7 и КДН-3,1. Косилки различаются шириной захвата.

Косилка дисковая навесная КДН-3,1 (рисунок 1) предназначена для скашивания естественных и сеяных трав, бобово-злаковых и злаковых смесей трав с укладкой скошенной массы в прокос или валок. Применяется при заготовке сена, сенажа, травяного силоса,

а также для ухода за пастбищами. Освоено серийное производство. Благодаря высокой скорости резания, до 90 м/с, работает на скоростях до 15 км/ч. Оснащена регулируемым валкователем, обеспечивающим укладку трав в валки переменной ширины от 1,6 до 2,0 м.

КДН-2,7 и КДН-3,1 разработаны взамен импортных «Диско-3050» и EasyCut-320. Заводом ОАО «Лидсельмаш» выпущено свыше 1700 косилок.

Косилки не имеют дополнительного оборудования (кондиционера или плющильных вальцов) для обработки скошенных трав.

Практическим опытом установлено, что потери питательных веществ при заготовке травяных кормов напрямую зависят от продолжительности процесса полевой сушки (проявливания) трав. Ускорение влагоотдачи обеспечивает механическое повреждение поверхности стеблей и листьев специальными устройствами. Благодаря такой обработке, скорость влагоотдачи злаковых трав увеличивается на 25 %, а бобовых – на 35 %. Для этой цели разработаны и поставлены на производство навесные и прицепные косилки-плющилки КДП-310А, КПП-3,1, КДФ-31, оснащаемые бильно-дековыми кондиционерами или плющильными аппаратами. Кондиционеры обеспечивают эффективную обработку злаковых трав и травосмесей, однако не рекомендуются для обработки бобовых трав из-за сильного обивания листовой части растений, бутонов и соцветий. Изменение видового состава трав (увеличение объемов заготовки кормов из бобовых культур) потребовало применения новых конструкций устройств для дополнительной обработки скошенных трав, обеспечивающих щадящую обработку с минимальными потерями облиственных частей растений. Для этого созданы плющильные аппараты с шевронными вальцами.

Косилка-плющилка полуприцепная КДП-310А (рисунок 2) предназначена для скашивания естественных и сеяных трав с укладкой скошенной травы в валок или прокос.

Объединяет в одной три косилки благодаря оснащению сменными адаптерами:

- бильным кондиционером для обработки злаковых трав;
- плющильными вальцами для обработки бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей;
- устройством для укладки трав в прокосы или валки.



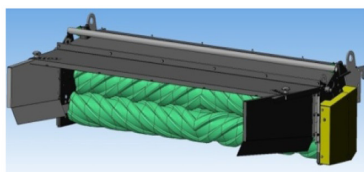
Рисунок 2. – Косилка-плющилка полуприцепная КДП-310А

Имеет поворотное дышло, обеспечивающее челночное движение косилки (справа или слева относительно трактора). Выпущено и реализовано свыше 500 косилок.

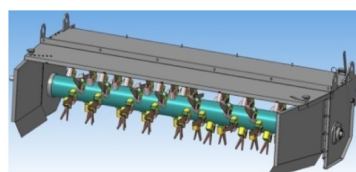
Повышение производительности, снижение материалоемкости и потерь при уборке трав обеспечивает созданная *навесная косилка блочно-модульной компоновки с шириной захвата 6 метров КБМ-6* (рисунок 3). Косилка обеспечивает скашивание, дополнительную обработку и укладку в прокосы или валки скошенных трав, преимущественно бобовых и бобово-злаковых травосмесей. Состоит из



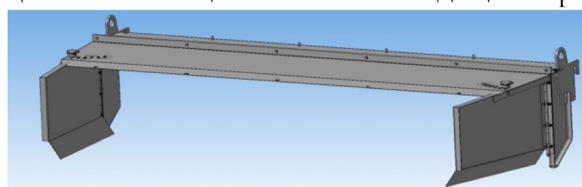
Общий вид косилки КБМ-6



Плющильные вальцы



Кондиционер



Валкообразователь

Рисунок 3. – Косилка блочно-модульная КБМ-6 со сменными адаптерами

двух косилочных модулей (фронтального КДФ-310 и задненавесного КПП-3,1, каждый – шириной захвата 3,1 м). Оснащается сменными адаптерами: плющильными вальцами для обработки бобовых трав, бильно-дековым кондиционером для обработки злаковых трав, валкообразователем для укладки трав в расстил или валки. Заменяет 3 косилки, при этом стоимость косилочного комплекса снижается в 1,5...2 раза.

Заводом-изготовителем завершена подготовка производства. Для оснащения данной и других косилок разработан унифицированный режущий брус шириной захвата 3,1 м, с которым выпущена опытная партия. В 2017 году намечено поставить в хозяйства 10 комплектов косилок КБМ-6.

ОАО «Лидагропроммаш», ПО «Гомсельмаш» выпускают тракторные косилки КСР-9,4; КПП-9; КПП-9-01 шириной захвата 9 м. Все широкозахватные косилки оснащены бильно-дековыми кондиционерами и эффективны при скашивании злаковых трав и травосмесей. Однако при скашивании ими бобовых трав происходит обивание листьев и соцветий. Кроме того, не рекомендуется применение этих косилок для скашивания трав на торфяниках, вследствие высокой массы косилочного агрегата, приводящей к изменению высоты среза, повреждению травяного покрова и загрязнению торфом скошенных трав. В хозяйствах республики имеется порядка 15 % широкозахватных косилок. Необходимо увеличение их численности до 30 % и создание новых высокопроизводительных косилок для работы на торфяниках с учетом особенностей этих угодий.

Технические показатели косилок, косилок-плющилок приведены в таблице 1.

В республике свыше 600 тыс. га сенокосных угодий находится на торфяниках. Применяемые для скашивания трав навесные косилки шириной захвата от 3 до 9 м, агрегируемые с тракторами, оказывают удельное давление на почву в пределах от 1,1 кг/см² до 1,4 кг/см², вследствие чего происходит проседание грунта под ходовыми системами тракторов, что приводит к отклонениям по высоте среза. Режущими аппаратами повреждается корневая система трав, а главное –

Таблица 1. – Технические показатели косилок, косилок-плющилок

Наименование показателей	Марка косилки			
	КДН-3,1	КДП-310А	КБМ-6	КПР-9
Тип машины	навесная	полуприцепная	навесная	навесная
Агрегатирование с трактором, кл.	2,0	2,0	3,0	УЭС-2-250А
Конструктивная ширина захвата, м	3,1 ± 0,1	3,1	5,85	8,7
Производительность за час основного времени, га	2,2–4,2	до 4,0	5,7	от 7 до 10
Рабочая скорость, км/ч	от 9 до 15	от 6 до 12	до 12	до 12
Транспортная скорость, км/ч	до 20	до 20	до 20	до 20
Дополнительное оборудование	–	кондиционер бильно-дековый, плющильные вальцы	кондиционер бильно-дековый, плющильные вальцы	кондиционер бильно-дековый –
Расход топлива, кг/га	3,3	3,4	4,6	5,2
Масса, кг	900	1700	2570	3900
Завод-изготовитель	ОАО «Лидсельмаш»	ОАО «УКХ «Бобруйск-агромаш»	ОАО «УКХ «Бобруйск-агромаш»	ПО «Гомсельмаш»

происходит загрязнение травяной массы почвой. Содержание золы в кормах превышает норму в 10 и более раз. Загрязненные корма становятся причиной снижения продуктивности и преждевременного выбытия животных. Снижение давления на почву косилочными агрегатами до уровня, при котором не деформируется почвенный покров торфяников, достигается путем сдвигания колес тракторов, однако применяемые косилки не обеспечивают прокоса, достаточного для прохода колесной пары, что приводит к затаптыванию колесами скошенной массы в почву.

На основании вышеизложенного предлагается разработать косилку-плющилку в полунавесном исполнении шириной захвата 11,6 м для агрегатирования с тракторами класса 5, производительностью от 12 до 15 га/ч. Технологическая схема косилки представлена на рисунке 4, общий вид аналога – на рисунке 5, техническая характеристика – в таблице 2.

Косилка-плющилка полунавесная КПП-11,6 предназначена для скашивания трав на почвах с низкой несущей способностью (торфяниках). Состоит из фронтально-навесного и двух полунавесных косилочных блоков, навешенных на заднюю навеску трактора. Позволяет снизить удельное давление косилочного агрегата на почву, улучшить проходимость, снизить повреждение травяного покрова и загрязнение корма.

Благодаря полунавесному исполнению косилки давление косилочного комплекса на почву предусматривается перераспределить на сдвоенные колеса трактора и опорные колеса косилочных блоков, при этом ширина захвата фронтального блока – 4 м и прокос достаточен для прохода колесной системы трактора без затаптывания скошенной травы. Косилочные блоки будут укладывать траву с прокоса 4 м в валки шириной от 1,8 до 2,0 м. Далее сушка (проявление) трав происходит в валках. Сушка трав в валках, в процессе которой будет выполняться только оборачивание валков, практически исключит загрязнение корма почвой. Кроме того, предусматривается оборачивание с одновременным повторным плющением скошенных трав.

В ряде стран при заготовке кормов из трав, особенно сена, применяют подборщики-оборачиватели со встроенным плющильным аппаратом для подбора, повторного плющения и оборачивания валков скошенных трав (рекондиционеры). Применение рекондиционеров позволяет на 20–30 % ускорить процесс сушки (проявления) валков скошенных трав, особенно бобовых

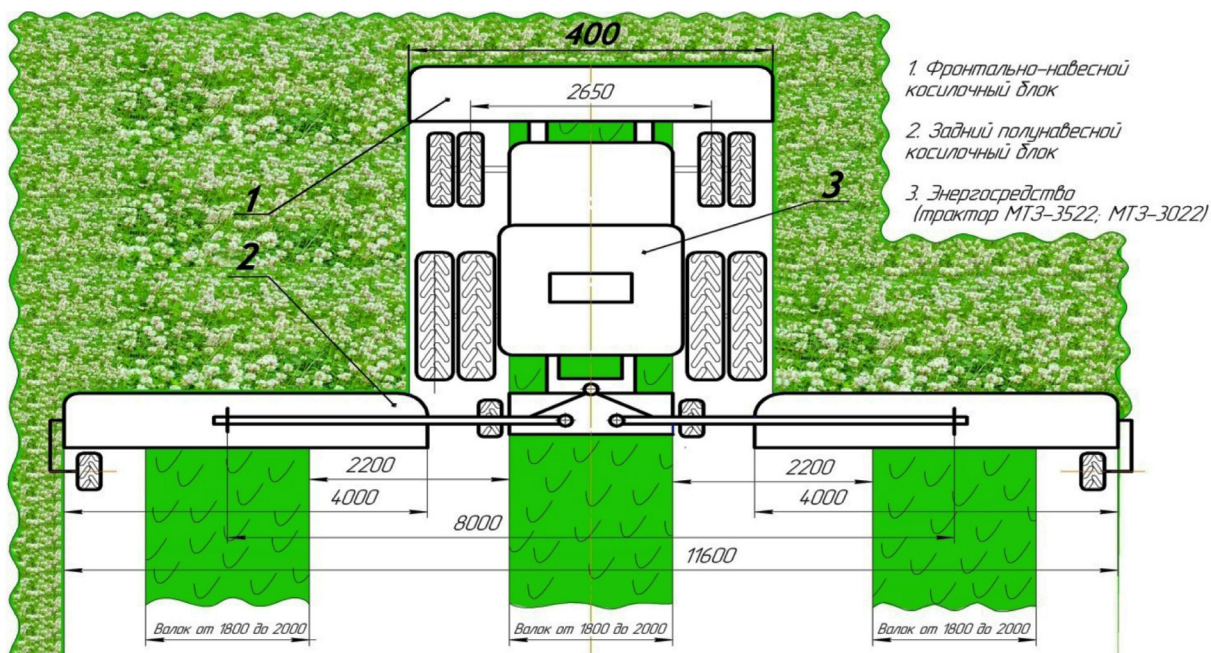


Рисунок 4. – Технологическая схема косилки-плющилки полунавесной шириной захвата 11,6 м



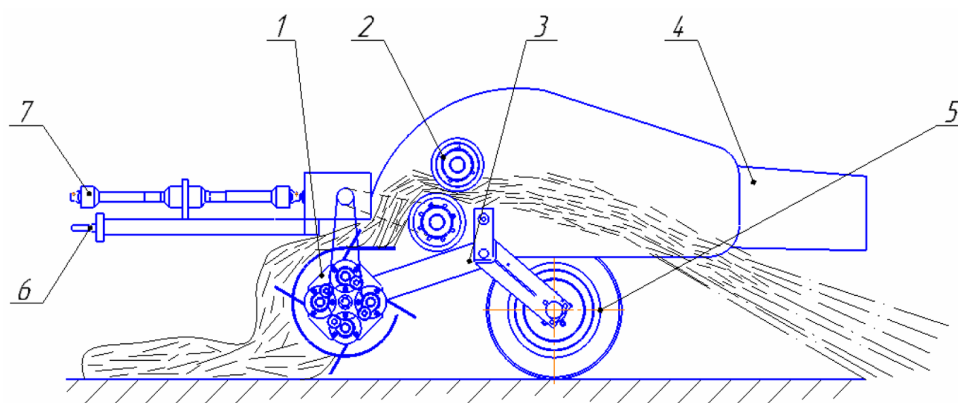
Рисунок 5. – Общий вид аналога косилки-плющилки полунавесной шириной захвата 11,6 м

Таблица 2. – Техническая характеристика косилки-плющилки полунавесной шириной захвата 11,6 м

Наименование показателя	Значение
Общая ширина захвата, м	11,6
Ширина захвата косилочного блока, м	4
Транспортная ширина, м	3
Рабочая скорость, км/ч	до 12
Производительность, га/ч	до 15
Мощность привода, л. с.	250
Плющильный аппарат	универсальный
Привод ВОМ, мин ⁻¹	1000
Ширина валка, м	от 1,8 до 2,2
Масса, кг	до 3200

и крестоцветных. Нами выполняются поисковые исследования по обоснованию основных параметров и созданию подборщика-оборачивателя для подбора и повторного плющения скошенных трав, схема которого представлена на рисунке 6.

Подборщик-оборачиватель, техническая характеристика которого приведена в таблице 3, предназначен для подбора, повторного плющения и оборачивания валков скошенных трав, а также их группирования (сдваивания или страивания). Обеспечивает на 25–30 % ускорение



1 – подборщик; 2 – аппарат плющильный (вальцовый); 3 – рама; 4 – оборачиватель; 5 – колесный ход;
6 – шлица; 7 – карданная передача

Рисунок 6. – Схема подборщика-оборачивателя

Таблица 3. – Техническая характеристика подборщика-оборачивателя

Наименование показателя	Значение
Ширина захвата, м	3,5
Рабочая скорость, км/ч	до 10
Производительность, га/ч	до 4,0
Расход топлива, л/га	до 2,2
Масса, кг	980
Агрегируется с трактором, кл.	1,4

процесса провяливания (сушки) трав при заготовке сенажа и сена. Снижает потери и загрязнение кормов почвой. Рекомендуется для применения в технологических комплексах машин для заготовки кормов из трав, возделываемых преимущественно на торфяных угодьях, а также кормов из крестоцветных культур.

В качестве рабочего органа для повторного плющения ведутся исследования по созданию конических плющильных валков, рабочая поверхность которых в 2–2,5 раза больше, чем у вальцовых и шевронных плющильных аппаратов. Растянутая по поверхности валков тонким слоем травяная масса интенсивнее подвергается плющению, следовательно, быстрее происходит процесс влагоотдачи [1].

Применение создаваемых косилок и оборачивателя валков трав позволит повысить производительность при скашивании трав на 25–30 %, ускорить провяливание (сушку), снизить потери и загрязнение кормов.

Литература

1. Устройство для плющения кормовых материалов: патент 2064233 РФ, МПК А01D43/10 / Ф. Ф. Адамень, В. А. Лузин; заявитель Крымское НПО «Элита». – № 915019932; заявл. 04.11.91; опубл. 27.07.96 // Изобретения. Полезные модели. – № 21.

И. М. Лабоцкий, к. т. н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromech@tut.by; labkormov@mail.ru*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И СОХРАННОСТИ КОРМОВ ИЗ ПРОВЯЛЕННЫХ ТРАВ ПУТЕМ ОБРАБОТКИ КОНСЕРВАНТАМИ, ПРЕССОВАНИЯ В ТЮКИ И ХРАНЕНИЯ ИХ В ПОЛИМЕРНЫХ РУКАВАХ

Применяемые сельхозпроизводителями технологии и комплексы машин заготовки и хранения кормов в полимерной упаковке обеспечивают минимальные потери исходного сырья и высокое, на уровне первого класса, качество кормов, однако имеют недостатки, сдерживающие их широкое распространение. Изложены основные направления повышения эффективности, качества и снижения стоимости кормов, заготавливаемых из трав, путем совершенствования способа и создания нового комплекса машин для закладки на хранение кормов в полимерные рукава.

Ключевые слова: травы, технология, сенаж, качество кормов, кормоуборочные машины, прессование, транспортировка, упаковщики, пресс-подборщики, консерванты, оборудование, внесение, консерванты сухие, жидкие, рукав, пленка.

I. M. Labotsky

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromech@tut.by; labkormov@mail.ru*

INCREASE OF QUALITY AND PRESERVATION OF FEEDS FROM DRY GRASS BY PROCESSING WITH CONSERVANTS, BY BALING IN BALES AND STORING THEM IN POLYMER HOSES

The technologies and complexes of feed preparation and storage machines in polymeric packaging used by agricultural producers ensure minimal losses of feedstock and high quality of feed at the level of the first class, however they have drawbacks that hinder their wide distribution. The basic directions of increase of efficiency, quality and decrease in cost of the forages procured from grasses are stated, by means of perfection of a method and creation of a new complex of machines for a bookmark on storage of forages in polymeric sleeves.

Keywords: grasses, technology, haylage, feed quality, harvesting machines, pressing, transportation, packers, balers, preservatives, equipment, application, preservatives dry, liquid, sleeve, film.

Из всех видов кормов в наибольших объемах заготавливаются корма из провяленных трав. К ним относится сенаж из провяленных трав. Ежегодно в республике из трав заготавливают свыше 12 млн тонн кормов, которые хранят в траншейных хранилищах и полимерной упаковке. Минимальные потери кормов (от 3 до 8 %) и качество на уровне высшего и первого класса обеспечивает технология заготовки и хранения кормов в полимерной упаковке (пленке или рукавах), поэтому намечено довести объемы заготовки кормов по этой технологии до 30 %.

В мире и в республике известны и применяются на практике следующие разновидности технологии:

- заготовка силоса из провяленных трав путем прессования исходного материала рулонными или тюковыми пресс-подборщиками с последующей индивидуальной обмоткой рулонов пленкой;
- упаковка рулонов провяленных трав в полимерный рукав диаметром 1,5 м с помощью упаковщика рулонов;
- упаковка измельченной силосной массы в полимерный рукав диаметром 2,7 м с помощью специализированного пресс-упаковщика.

Вместе с тем этим разновидностям способа присущи недостатки, сдерживающие их широкое распространение, – невысокая производительность (до 20 т/ч) ключевых машин – рулонных пресс-подборщиков и обмотчиков рулонов пленкой; повышенный расход пленки, шпагата (сетки) из-за низкой плотности рулона, которая не превышает 400 кг/м³; переменная плотность руло-

на в сечении из-за формирования рулонов в постоянной камере прессования; высокий удельный расход и стоимость расходных материалов (до 12,5 руб./м).

Повысить эффективность и расширить область применения технологии – актуальная задача, решение которой основано на глубоком анализе, а также исследовании явлений и процессов, протекающих при заготовке кормов.

Так, в основе процесса консервирования (сенажирования) трав лежит физиологическая сухость проявленных растений, а также изоляция травяной массы от доступа воздуха (герметизация). Физиологическая сухость – состояние растительной массы, а именно влажность 50–55 %, при которой водоудерживающая сила клеток растений превышает сосущую силу микроорганизмов. Большинство микроорганизмов не может использовать содержащуюся в проявленной массе воду, а следовательно, существовать и размножаться. Вместе с тем никакое проявление не может противостоять развитию плесневых микроорганизмов, поскольку они имеют высокую сосущую способность и могут развиваться только при наличии воздуха в массе. Следовательно, необходима изоляция массы от доступа воздуха (герметизация), что предотвращает развитие плесени. Создание анаэробных условий достигается путем уплотнения силосной массы и вытеснения из нее воздуха с последующей герметизацией (укрытием) или упаковкой в пленку. Герметичное укрытие лишает доступа воздуха и возможности развития плесневых микроорганизмов.

Таким образом, основными факторами, определяющими качество и сохранность кормов из проявленных трав, являются: влажность, уплотнение (плотность укладки), герметизация хранилища.

Проявление (сушка) скошенных трав до оптимальной влажности 50–55 % затруднительна, особенно при неблагоприятных погодных условиях. В этих условиях практикуют обработку проявленных трав консервантами, которыми травяная масса быстро подкисляется, обеспечивается требуемая сохранность и качество корма. В настоящее время созданы и применяются биологические консерванты, обладающие более широким спектром действия. Они консервируют как трудносилосуемые, так и легкосилосуемые травы, предотвращают развитие вторичной ферментации, содержат бактерии, живущие и вырабатывающие молочную кислоту при некотором доступе воздуха. Кроме того, консерванты содержат микроорганизмы, способные деполимеризовать (расщеплять) сложные углеводы (лигнин и крахмал) до простых. Консерванты обладают хорошим пробиотическим действием, повышающим потребление корма животными [1].

Биологические консерванты способствуют ускорению желательного молочнокислого брожения, более быстрому подкислению силосуемой массы до необходимых пределов, в результате чего происходит быстрое консервирование корма с меньшими потерями питательных веществ.

Таким образом, использование биологических консервантов на основе лиофильно высушенных штаммов молочнокислых бактерий при заготовке кормов является в настоящее время целесообразным, так как консерванты не только улучшают сохранность силоса, но и уменьшают потери, улучшают переваримость силоса, повышают его потребление животными.

Комплексные исследования влияния консервантов на качество и сохранность кормов из проявленных трав, запрессованных в тюки и упакованных в полимерные рукава, не проводились. Не изучались вопросы, связанные с переваримостью кормов, заготовленных из трав новым способом, и влияние их на изменение продуктивности животных.

Недостаточное уплотнение кормов из проявленных трав приводит к их потерям от 15 до 20 % и снижению качества до уровня неклассных. Это явление имеет место при закладке на хранение кормов в траншейные хранилища, а также при упаковке кормов в полимерные пленки или рукава. Независимо от применяемой технологии заготовки корма, минимальное значение плотности не должно быть ниже 450 кг/м³. Применяемые рулонные пресс-подборщики с постоянной камерой прессования не обеспечивают требуемой плотности прессования вследствие конструктивно-го и технологического несовершенства. В процессе прессования проявленных трав в рулоны прессующий механизм сближает стебли только до поверхностного контакта. При этом стебли не расплющиваются, находящийся внутри них воздух не выдавливается. Оставшаяся внутри стеблей часть воздуха является источником питания для плесней. Современные тюковые пресс-

подборщики имеют две ступени (камеры) прессования, а именно в предварительной камере происходит сжатие стеблей до состояния поверхностного контакта, далее сформированные и сжатые в пакет растения подаются в главную камеру прессования, где происходит дальнейшее сближение стеблей, а главное, их расплющивание, при этом воздух интенсивно выдавливается из растительной массы, плотность которой превышает 500 кг/м^3 , что в 1,5 раза выше, чем рулонов. Самое важное преимущество тюковых пресс-подборщиков – их высокая производительность, от 40 до 60 т/ч , что более чем в два раза превышает производительность рулонных пресс-подборщиков. Кроме того, по этому показателю тюковые пресс-подборщики сравнимы с кормоуборочными комбайнами на подборе, измельчении провяленных трав.

Для повышения эффективности и расширения области применения тюковых пресс-подборщиков необходимо провести их модернизацию, а именно создать и установить дополнительно оборудование для внесения консервантов в корма в процессе их прессования в тюки. При этом необходимо провести исследования по определению места ввода (распыла) консервантов и качества обработки трав, обосновать дозы внесения консервантов и их эффективность в новых условиях применения, а именно в уплотненной в полевых условиях массе.

Технические и технологические преимущества тюковых пресс-подборщиков типа ПТ-800 позволяют создать новую разновидность технологии заготовки и хранения кормов в полимерной упаковке: подбор и прессование (уплотнение) провяленных трав в тюки выполняется пресс-подборщиком тюковым (заменяет кормоуборочные комбайны типа КГ-6, «Полесье-800» и др.), далее тюки подбирают и перевозят к месту хранения, где закладывают на хранение в полимерный рукав упаковщиком тюков. При этом полимерные рукава заменяют траншейные хранилища, а упаковщик тюков в рукав УТПР-9, соответственно, – агрегаты для распределения и уплотнения измельченной силосной массы в траншейных хранилищах типа АЗВК «Амкорд 352С-2»; АРУК-5; «Кировец К-701» и др.

Реализация на практике этих мероприятий позволит снизить потери, улучшить перевариваемость кормов, а главное, повысить продуктивность животных. Существенно снизятся потери консервантов при обработке трав в процессе прессования по сравнению с внесением их на кормоуборочных комбайнах.

Проведенные расчеты (таблица 1) показывают, что при заготовке корма из провяленных трав наименее затратной является технология прессования массы в крупногабаритные тюки с их последующей упаковкой в рукав. Наибольшую величину эксплуатационных расходов обеспечит применение технологи заготовки корма из провяленных трав в измельченном виде с хранением в траншейных хранилищах, что обусловливается как высоким уровнем потерь, так и дополнительными затратами на содержание хранилищ. Рост уровня затрат составляет порядка 15–17 %.

Таблица 1. – Техничко-экономические показатели способов заготовки кормов из провяленных трав

Технологическая операция	Марка трактора	Марка машины	Производительность, га/ч (т/ч)	Расход топлива, л/т	Эксплуатационные затраты, руб./т
Заготовка силоса из провяленных трав в тюках с упаковкой в рукав (Ø 2,7 м)					
Скашивание трав	УЭС 2-250	КПР-9	9	0,19	1,15
Оборачивание валков	«Беларус 1221»	ОВТ-3Р	4	0,20	0,83
Прессование в тюки	«Беларус 3522»	ПТ-800	40	0,75	6,01
Погрузка и транспортировка тюков	«Беларус 1221»	ПМК-10	20	0,50	3,56
Упаковка тюков в рукав	–	УТПР-9	30	0,62	1,47
ИТОГО (заготовка в тюках с упаковкой в рукав): стоимость 1 рукава длиной 45 м – 1,25 тыс. руб. Емкость рукава – 170 тюков массой 600 кг или 100 т. Дополнительные затраты на рукав составляют 12,5 руб./т. Потери продукции при заготовке – 4 %.					
С учетом потерь затраты на заготовку силоса из провяленных трав составят 26,58 руб./т.					
Заготовка силоса из провяленных трав в измельченном виде с хранением в траншейных хранилищах					
Скашивание трав	УЭС 2-250	КПР-9	9	0,19	1,15
Оборачивание валков	«Беларус 1221»	ОВТ-3Р	4	0,20	0,83

Технологическая операция	Марка трактора	Марка машины	Производительность, га/ч (т/ч)	Расход топлива, л/т	Эксплуатационные затраты, руб./т
Подбор валков с измельчением	–	КВК-8060-01	35	0,86	10,24
Транспортировка массы	«Беларус 3522»	ПТ-20С	10	0,70	4,90
Распределение и уплотнение массы (вариант 1)	–	АЗВК «Амкодор 352С2»	35	0,54	1,66
Распределение и уплотнение массы (вариант 2)	«Беларус 3522»	АРУК-5	40	0,55	1,60
ИТОГО (заготовка силоса из провяленных трав в хранилищах): Расход пленки на траншею емкостью 2 тыс. т – 2500 м ² . Стоимость пленки – 0,8 руб./м ² , или 1,0 руб./т. С учетом затрат на эксплуатацию и обслуживание вновь построенных хранилищ (в расчете на хранилище емкостью 2000 тонн, стоимость которого составляет порядка 200 тыс. руб., срок эксплуатации – 20 лет, затраты на обслуживание – до 30 % от стоимости) расходы на заготовку силоса из провяленных трав возрастут на 6,5 руб. за тонну. Потери продукции при заготовке – 14 %. С учетом потерь затраты на заготовку силоса из провяленных трав при применении АЗВК составят 31,91 руб./т. , при применении АРУК – 31,84 руб./т.					
Заготовка силоса из провяленных трав в измельченном виде с хранением в полимерных рукавах					
Скашивание трав	УЭС 2-250	КПР-9	9	0,19	1,15
Сгребание трав	«Беларус 1221»	КГП-11,0	90	0,01	0,05
Оборачивание валков	«Беларус 1221»	ОВТ-3Р	4	0,20	0,83
Подбор валков с измельчением	–	КВК-8060-01	35	0,86	10,24
Транспортировка массы	«Беларус 3522»	ПТ-20С	10	0,70	4,90
Упаковка массы в рукав	«Беларус 1221»	УСМ-1	65	0,14	1,43
ИТОГО (заготовка силоса из провяленных трав в рукавах): стоимость 1 рукава длиной 45 м – 1,25 тыс. руб. Емкость рукава – 206 т измельченной массы. Дополнительные затраты на рукав составляют 6,1 руб./т. Потери продукции при заготовке – 8 %. С учетом потерь затраты на заготовку силоса из провяленных трав составят 28,60 руб./т.					

Литература

1. Косяник, А. М. Биологический консервант Sila-Prime – гарантия улучшения качества заготавливаемых кормов / А. М. Косяник // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 7 – С. 45.

УДК 631.362:621.928

Поступил в редакцию 24.08.2017
Received 24.08.2017

В. В. Чумаков¹, к. т. н., **И. В. Барановский¹**, к. т. н., **В. П. Чеботарев²**, д. т. н., доц.,
Е. Л. Жилич¹

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН ТРАВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В текущем пятилетии в РБ планируется значительно увеличить производство продукции животноводства. Это требует существенного укрепления кормовой базы за счет совершенствования структуры посевных площадей, повышения урожайности кормовых культур и их качества. Под требуемые объемы травяных кормов посевные площади ежегодно должны составлять: многолетних трав – порядка 1034,8 тыс. га, или 21,6 % пашни, из них бобовых – не менее 469,0 тыс. га, бобово-злаковых травостоев – 440 тыс. га и злаковых – 125,8 тыс. га. Потребность в семенах многолетних трав всех репродукций на 2016–2020 годы составит 15,8 тыс. тонн, в том

числе в оригинальных – 3,0–3,1 тонны, в суперэлите – 24,0 тонны, элите – 180 тонн, 1 и 2 репродукции – 1578 тонн, в репродукционных семенах на кормовые цели – 13992 тонны. Семхозами областных объединений ООО «Семена трав» производится 2200–2400 тонн семян 1 и 2 репродукций в доработанном виде. Для подготовки требуемых объемов семян многолетних злаковых и бобовых трав в Республике Беларусь не хватает современного оборудования. По состоянию на 2016 год в Беларуси имеются 4 современные линии для подготовки семян трав на основе импортного оборудования и машин. При этом частичная замена машин и оборудования для послеуборочной обработки семян трав не позволит решить проблему нехватки современного оборудования в целом. Для решения этой задачи требуется порядка 18 комплектных линий. Каждое хозяйство возделывает 2–3 вида бобовых и 2–3 вида злаковых трав, производя от 1 до 17 тонн репродукционных семян и занимая под семенниками трав до 170 га. При таких объемах производства семян трав в хозяйствах практически невозможно обеспечить экономически эффективную загрузку стационарных линий. Как альтернативу целесообразно рассматривать в разы более дешевый, нежели стационарный, вариант, который будет выполнять работы по подготовке семян трав для целого ряда хозяйств, перемещаясь из одного в другое по необходимости (годовой приведенный экономический эффект составит 11235 BYN руб. при внедрении 18 комплектов передвижных линий).

Ключевые слова: семена многолетних трав, технические средства подготовки семян, потребность в семенах.

V. V. Chumakov¹, I. V. Baranovsky¹, V. P. Chebotarev², E. L. Zhilich¹

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

²Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university», Minsk, Republic of Belarus

STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GRASS SEED PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

In the current five-year period, the Republic of Belarus plans to substantially increase the production of livestock products. This requires a significant increase in the fodder base due to the improvement of the structure of sown areas, the increase in the yield of fodder crops and their quality. The acreage under the required volumes of herbal forage should be annually: perennial grasses of the order of 1034,8 thousand hectares or 21,6% of arable land, of which legumes – not less than 469,0 thousand hectares, leguminous grass grasslands – 440 thousand hectares and Cereals – 125,8 thousand hectares. The need for seeds of perennial grasses of all reproductions for 2016–2020 will be 15,8 thousand tons, including the original 3,0–3,1 tons, superelite– 24,0 tons, elite – 180 tons, 1 and 2 reproductions – 1578 tons, reproduction seeds for fodder purposes – 13992 tons. Each farm of regional associations of «Seeds of grass» produced 2200–2400 tons of seeds of 1 and 2 reproductions in a modified form. To prepare the required volumes of seeds of perennial cereals and leguminous grasses in the Republic of Belarus, modern equipment is not enough. As of 2016 in the Republic of Belarus there are 4 modern lines for the preparation of grass seeds based on imported equipment and machinery. In this case, partial replacement of machines and equipment for post-harvest treatment of grass seeds will not solve the problem of shortage of modern equipment as a whole. To solve this problem, about 18 complete lines are required. Each farm cultivates 2–3 types of leguminous and 2–3 kinds of cereal grasses, producing from 1 to 17 tons of reproduction seeds, occupying under the testes of grasses up to 170 hectares. With such volumes of production of grass seeds in farms, it is practically impossible to provide economically efficient loading of stationary lines. As an alternative, it is advisable to consider a variant that will be cheaper than stationary at times, and to perform work on the preparation of grass seeds for a number of farms, moving from one to another as necessary (the annual reduced economic effect is 11235 BYN rubles when 18 sets of mobile lines are introduced).

Keywords: seeds of grasses, technical means of seed preparation, need for seeds

В настоящее время в Республике Беларусь конкурентоспособное производство животноводческой продукции возможно только с применением интенсивной технологии, одним из основных элементов которой является полноценное кормление животных высококачественными кормами, в том числе травянистыми.

Животноводческая отрасль Республики Беларусь полностью обеспечивает население страны продуктами питания и является важной экспортной составляющей. Поэтому в текущем пятилетии планируется существенно увеличить производство продукции животноводства. Все это требует существенного укрепления кормовой базы, главным образом за счет совершенствования структуры посевных площадей, повышения урожайности кормовых культур и их качества. Основным потребителем кормов (80 %) в нашей стране является крупный рогатый скот. Поэтому велика роль травяных кормов, которые занимают более половины от потребности, составляющей с учетом страхового фонда в 2016 году 13,1 млн тонн.

В таблице 1 представлена структура посевных площадей однолетних и многолетних трав в Республике Беларусь за 2016 год.

Таблица 1. – Структура посевных площадей однолетних и многолетних трав в Республике Беларусь за 2016 г.

Наименование областей	Всего посевных площадей, тыс. га	В том числе	
		однолетние травы	многолетние травы
Брестская	149,0	24,0	125,0
Витебская	212,0	27,0	185,0
Гомельская	131,0	31,0	100,0
Гродненская	157,0	22,0	135,0
Минская	201,0	41,0	160,0
Могилевская	157,0	22,0	135,0
По республике	1007,0	167	840,0

Следует отметить, что в представленных данных обеспечения животноводства травяными кормами принято среднее нормативное содержание питательных веществ. В настоящее время питательность травяных кормов в ряде хозяйств не соответствует нормативным показателям. Это диктует необходимость применения передовых технологий возделывания и использования травяных кормов.

Для полного удовлетворения общественного животноводства в травяных кормах общее производство зеленой массы должно составлять 76,1 млн тонн, в том числе 57,3 млн тонн – непосредственно трав. При этом под требуемые объемы травяных кормов посевные площади ежегодно должны составлять: многолетних трав – порядка 1034,8 тыс. га, или 21,6 % пашни, из них бобовых – не менее 469,0 тыс. га, бобово-злаковых травостоев – 440 тыс. га и злаковых – 125,8 тыс. га [1].

Расширение площади многолетних трав до вышеуказанных объемов обеспечит повышение валового сбора кормовых единиц с 2,48 млн тонн до 4,1 млн тонн и сырого протеина с 387 тыс. тонн до 673 тыс. тонн.

В 2016 году подсева многолетних трав на пашне составили 454,8 тыс. га, а объемы переозеленения улучшенных сенокосов и пастбищ – 304 тыс. га.

Потребность в семенах многолетних трав всех репродукций на 2016–2020 годы составит 15,8 тыс. тонн, в том числе в оригинальных – 3,0–3,1 тонны, в суперэлите – 24,0 тонны, элите – 180 тонн, 1 и 2 репродукции – 1578 тонн, в репродукционных семенах на кормовые цели – 13992 тонны (с учетом покупных семян люцерны) [2].

При этом производство оригинальных семян трав под урожай 2016 года составило 8523 кг, семян суперэлиты произведено областными сельскохозяйственными опытными станциями (ОСХОС) 62 тонны, семян элиты после доработки – около 700 тонн. Семхозами областных объединений ООО «Семена трав» производится 2200–2400 тонн семян 1 и 2 репродукций в доработанном виде. Репродукционные семена на кормовые посевы выращивает каждое хозяйство, исходя из своих потребностей в видовом составе и количестве.

Все семенные посевы многолетних трав с учетом достигнутого уровня урожайности должны занимать 120 тыс. га. Это позволит более быстро внедрять в производство сорта, отвечающие потребностям производства.

Однако для подготовки требуемых объемов семян многолетних злаковых и бобовых трав в республике не хватает современного оборудования. По состоянию на 2016 год в Беларуси имеются 4 современные линии для подготовки семян трав на основе импортного оборудования и машин.

При этом частичная замена машин и оборудования для послеуборочной обработки семян трав не позволит решить проблему нехватки современного оборудования в целом. Для решения этой задачи требуется порядка 18 комплектных линий.

В таблице 2 представлена потребность республики в технических средствах для подготовки семян трав.

Таблица 2. – Потребность Республики Беларусь в технических средствах для подготовки семян трав в 2016 г.

Наименование областей	Потребность в семенах трав, тыс. тонн	Линии семяочистительные (для семян трав)	Установки для сушки вороха трав
Брестская	2,177	4	2
Витебская	2,793	4	2
Гомельская	1,925	2	1
Гродненская	1,919	2	1
Минская	2,774	4	2
Могилевская	2,050	2	1
По республике	13,638	18	9

Каждое хозяйство, как правило, возделывает 2–3 вида бобовых и 2–3 вида злаковых трав, производя от 1 до 17 тонн репродукционных семян и занимая под семенниками трав до 170 га. При таких объемах производства семян трав в хозяйствах практически невозможно обеспечить экономически эффективную загрузку стационарных линий. Как альтернативу целесообразно рассматривать в разы более дешевый, нежели стационарный, вариант, который будет выполнять работы по подготовке семян трав для целого ряда хозяйств, перемещаясь из одного в другое по необходимости (годовой приведенный экономический эффект составит 11235 BYN руб. при внедрении 18 комплектов передвижных линий).

Создание передвижного комплекта машин и совершенствование технологий и технических средств для подготовки семян трав являются актуальными и своевременными шагами в решении проблемы нехватки современного оборудования для подготовки требуемых объемов семян многолетних злаковых и бобовых трав в Республике Беларусь.

Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.belstat/ofitsialnaya-staistika>. – Дата доступа: 25.11.2016.
2. Карташевич, С. М. Механизация процессов предварительной очистки зерна и семян: (Теория, расчет, результаты проектирования и испытаний) / С. М. Карташевич. – Минск: [б. и.], 2000. – 60 с.

УДК 631.3.02(083.9)

Поступил в редакцию 08.08.2017
Received 08.08.2017

Н. Д. Лепешкин¹, к. т. н., доц., **А. А. Аутко²**, гл. научн. сотр., **Э. В. Заяц²**, к. т. н., доц.,
А. И. Филиппов², к. т. н., доц., **П. В. Заяц¹**, соискатель, **А. В. Зень²**, ассистент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ С МИНИМАЛЬНОЙ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКОЙ КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Теоретические исследования и предварительные испытания культиваторов для междурядной поверхностной обработки мелкопрофильных гряд и гребней при экологическом земледелии показали, что наиболее полно соответствует предъявляемым требованиям культиватор с рыхлительными и окучивающими лапами на чизельных стойках со щеточными барабанами и пассивным гребнеобразователем. Для сбора колорадского жука могут применяться роторы с упругоэластичными элементами и регулятором амплитуды их колебаний. Однако для применения таких роторов нужны дополнительные исследования с целью обоснования конструктивных и режимных параметров.

Ключевые слова: культиватор, картофель, гребни, колорадский жук, роторы, рабочие органы, машина, агрегат.

DEVELOPMENT AND TESTING OF WORKING BODIES AND MACHINES FOR PROCESSING WITH MINIMUM PESTICIDE LOAD OF POTATO AND VEGETABLE CROPS

As a result of theoretical studies and preliminary tests for inter-row cultivators surface treatment slimline ridges and crests at ecological agriculture, which showed that most closely matches the requirements cultivator with scarifying and ridging paws on the chisel rack with brush drums and a passive rotary cultivator. For the collection of the Colorado potato beetle may apply rotors with elastic elements and their control of the oscillation amplitude. However, their use requires additional studies in order to support design and operational parameters.

Keywords: cultivator, potatoes, ridges, Colorado potato beetle, rotors, working bodies, machine, unit.

В течение одного поколения человечество перешло с экологического земледелия к химизированным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, при которых вносится большое количество пестицидов. Это влияет на экологическую безопасность продуктов питания, а впоследствии и на здоровье людей. Однако одной из доминирующих тенденций современности стало динамичное развитие процессов перехода к новой парадигме природопользования. В сельском хозяйстве это выражается в активном и масштабном освоении экологически безопасных технологий производства продукции. Они, во-первых, позволяют получать продукты, соответствующие нормам здорового питания, что является неременным условием повышения уровня качества жизни и благополучия людей. Во-вторых, производство экологически безопасной продукции выступает сегодня как важнейший фактор ее рыночной конкурентоспособности, а следовательно, эффективного функционирования и устойчивого развития товаропроизводителей. В-третьих, экологизация агротехнологий минимизирует негативные последствия антропогенного воздействия на почву, воду, флору и фауну, природу в целом.

Цель исследований – усовершенствовать технологию производства картофеля и овощей в режиме экологического земледелия, обеспечивающую максимальное снижение пестицидной нагрузки за счет механического уничтожения сорной растительности и применения биоактивных удобрений и биопестицидов для интенсивного роста и развития растений картофеля и защиты от болезней и вредителей.

Задачи исследований:

– разработать технологический процесс механического уничтожения сорняков на профилированной поверхности почвы в довсходовый и послеवсходовый периоды возделывания картофеля и овощных культур;

– разработать технологические и конструктивные параметры оборудования для механического уничтожения сорняков и оборудования объемного внесения рабочих растворов для защиты растений от болезней и вредителей, оценить эффективность данного оборудования;

– провести поисковые испытания рабочих органов для ухода за картофелем и овощами с минимальной пестицидной нагрузкой;

– определить урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от разрабатываемых агроприемов возделывания в режиме их экологизации.

Особо негативные последствия на получение качественной продукции и сохранение окружающей среды оказывает применение пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Следует отметить, что в мире площадь под органическое земледелие за последние 15 лет возросла с 14,9 до 37,2 млн га, а число стран, практикующих органическое сельское хозяйство, увеличилось с 86 до 160.

Таким образом, на экологичность производства значительное влияние оказывает интенсивное применение гербицидов для уничтожения сорной растительности в послепосадочный период, а также инсектицидов и фунгицидов в процессе вегетации культуры. Следует отметить, что это – дорогостоящие препараты, которые главным образом импортируются, их стоимость составляет около 834,0 руб.

Решение проблемы снижения пестицидной нагрузки при возделывании картофеля и овощных культур должно быть сосредоточено в направлении максимального механического удаления сорных растений при возделывании культуры и применения экологически безопасных средств защиты растений.

Для уничтожения сорных растений при получении экологически чистого картофеля предпочтение отдается механическим способам в довсходовый и вегетационный периоды. Механические методы борьбы являются эффективными при борьбе с сорняками небольших размеров. Борьба с крупными сорняками является затратной, то есть своевременное уничтожение сорняков имеет решающее значение.

Снижению засоренности посадок способствуют обработка стерни, повторная обработка почвы под посадку, поверхностная обработка почвы до всходов, недопущение созревания семян сорняков и вегетативных органов размножения, плотный растительный покров почвы, интервалы между растениями, позволяющие эффективно механически уничтожать сорняки при междурядной обработке.

Картофель в условиях Республики Беларусь возделывают, как правило, гребнистым способом – на узкопрофильных гребнях.

Формирование гребней до посадки выполняется культиваторами-гребнеобразователями с активными или с пассивными рабочими органами.

Культиваторы-гребнеобразователи с активными рабочими органами фрезерного типа более качественно формируют структуру гребней, однако они более энергозатратны, чем культиваторы-гребнеобразователи с пассивными рабочими органами.

Соответствующие культиваторы способны обеспечить междурядную обработку, подкормку растений и обработку защитной зоны рядка. Последнее является наиболее сложным при экологическом земледелии.

Для междурядной обработки поверхности гребней применяются различные рабочие органы. Наиболее широкое применение получили отвальные и дисковые окучивающие рабочие органы.

Анализ ранее проведенных исследований показал, что дисковые окучивающие рабочие органы обеспечивают более плотную обрабатываемую поверхность. Сорняки на такой поверхности всходят несколько позже, чем на более рыхлой, и в меньших количествах.

Однако отвальные и дисковые окучивающие рабочие органы рыхлят дно борозд и стенок гребней на 3–5 см. В результате из нижних слоев в верхние выносятся семена сорняков, которые в дальнейшем взойдут.

Кроме того, они, как правило, не обеспечивают уничтожение сорняков на поверхности гребней и в защитных зонах.

В этой связи интерес представляет культиватор со щеточными барабанами, копирующими поверхность гребней, сформированных перед или при посадке культурных растений (рисунок 1).



а) заднебоковой вид; б) вид сбоку

1 – рама с устройством для навески; 2 – рыхлительные и окучивающие лапы на чизельных стойках; 3 – щеточные барабаны; 4 – гребнеобразователь; 5 – копирующие колеса

Рисунок 1. – Культиватор со щеточными рабочими органами для поверхностной обработки гребней

Однако с целью обоснования конструктивно-режимных параметров рабочих органов необходимо провести дополнительные исследования.

Культиватор состоит из рамы с устройством для навески 1, рыхлительных и окучивающих лап на чизельных стойках 2, щеточных барабанов 3 и гребнеобразователя 4 с копирующими колесами 5.

При работе такого культиватора дно борозды и боковые стенки гребней обрабатываются рыхлительными и окучивающими лапами, а поверхность гребня и боковые стенки у вершины – щеточными барабанами. Форма гребня поддерживается гребнеобразователем. При этом уплотняются стенки и поверхность гребней.



а) вид сзади щеточного барабана для обработки гребней; б) 1 – гребни до обработки; 2 – после обработки
Рисунок 2. – Культиватор со щеточным барабаном для обработки гребней картофеля и моркови и общий вид гребней до и после прохождения культиватора со щеточными барабанами



а) вид сбоку; б) заднебоковой вид
Рисунок 3. – Культиватор со щеточным барабаном для обработки междурядий арбузов

Предварительные испытания такого культиватора, которые проходили на опытном поле УО «Гродненский государственный аграрный университет», а также на полях фермерского хозяйства «Горизонт» Мостовского района Гродненской области и СПК «Черняны» Пинского района Брестской области, показали, что культиватор со щеточными барабанами обеспечивает почти полное уничтожение сорняков как на ровной поверхности междурядий, так и на гребневой поверхности, а также обеспечивает качественное рыхление междурядий и обработку поверхности гребней с сохранением их формы после прохода агрегата (рисунок 1–3).

Заключение

Теоретические исследования и предварительные полевые испытания культиваторов для междурядной поверхностной обработки как ровной поверхности при возделывании арбузов и кукурузы, так и гребневой поверхности при обработке картофеля и моркови с минимальной

пестицидной нагрузкой показали, что наиболее полно соответствует предъявляемым требованиям культиватор с рыхлительными и окучивающими лапами на чизельных стойках со щеточными барабанами и пассивным гребнеобразователем. Для обработки междурядий арбузов и кукурузы соответствует предъявляемым требованиям культиватор с рыхлительными или универсальными стрелчатými лапами и сплошным щеточным барабаном по ширине междурядий. Однако для его активного практического применения нужны дополнительные исследования с целью обоснования конструктивных и режимных параметров.

Литература

1. Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.
2. Сельскохозяйственные машины. Практикум: учеб. пособие / Э. В. Заяц [и др.]; под ред. Э. В. Зайца. – 2-е изд., доп. и испр. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 432 с.
3. Филиппов, А. И. Установка для исследования показателей качества и тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, Н. С. Козлов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XX междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 2017. – С. 258–260.
4. Лепешкин, Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Т. 1. – С. 141–147.

УДК 631.333:631.862

Поступил в редакцию 02.08.2017
Received 02.08.2017

П. П. Бегун¹, к. т. н., К. М. Рассошенко², инженер

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: himvsh@mail.ru

²ГУ «БелМИС», п. Привольный, Минская обл., Республика Беларусь
e-mail: kostyarass@rambler.ru

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МАШИНЫ МПН-16

В статье представлена машина для внесения полужидкого навоза с описанием ее работы в поле. Предложено дозирующее устройство, позволяющее повысить точность дозирования полужидких органических удобрений, а следовательно, снизить неравномерность распределения их по полю.

Ключевые слова: полужидкий навоз, распределитель, неравномерность, доза внесения, точность дозирования.

P. P. Behun¹, K. M. Rassoshenco²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: himvsh@mail.ru

²State Institution «Belarus Machine-Testing Station», Privolny, Minsk region, Republic of Belarus

ABOUT IMPROVING OF THE DOSING DEVICE OF THE MACHINE MPN-16

The article presents the machine for applying semi-liquid manure with a description of its work in the field. A metering device is proposed that will improve the accuracy of dosing of semi-liquid organic fertilizers, and, consequently, their uneven distribution over the field.

Keywords: semi-liquid manure, distributor, unevenness, dose of application, accuracy of dosing.

Из всех видов органических удобрений первое место по значимости занимает навоз. Высокая эффективность его доказана многовековой историей применения, а исследования свидетельствуют о разносторонности положительного влияния на почву и сельскохозяйственные культуры.

Навоз в условиях Республики Беларусь с ее высокоразвитым животноводством является огромным ресурсом, источником пополнения гумуса в почве, запасы которого определяют показатель ее плодородия.

В зависимости от способа содержания животных и системы удаления навоза из помещений получают твердый, полужидкий, жидкий навоз.

Твердый навоз получают при содержании скота на глубокой подстилке. В зависимости от количества и вида подстилки его влажность будет колебаться в пределах 65–86 %. По существу, это смесь экскрементов с соломой, торфом, опилками, стружками и другими влагоемкими материалами. Для его внесения в Беларуси выпускают машины ПРТ-7А, ПРТ-11, МТУ-15, МТУ-18, МТУ-20, МТУ-24 грузоподъемностью 7, 11, 15, 18, 20 и 24 тонны соответственно.

Машины для транспортировки и внесения жидкого навоза, влажность которого составляет 92–97 %, также выпускаются в Беларуси ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйск-агромаш». Это машины МЖТ-6, МЖТ-11, МЖУ-16, МЖУ-20 грузоподъемностью 6, 11, 16 и 20 тонн соответственно.

Полужидкий навоз получают на фермах и комплексах, в которых используются механические системы удаления навоза (транспортеры типа ТСН, дельта-скреперы). Он представляет собой смесь кала и мочи животных влажностью 86–92 %. В состав смеси может попадать небольшое количество остатков корма и подстилки, до 1 кг на 1 корову в сутки [1]. В нашей стране ежегодно накапливается до 10 млн т такой органики.

Но поскольку на скотоводческих фермах Республики Беларусь ощущается недостаток навозохранилищ или вовсе их отсутствие, то этот навоз ежедневно прицепами вывозят на поля, где он растекается, высыхает, а полезные компоненты из него улечиваются. В конечном итоге от этого огромного и полезного ресурса страдает экология. Если бы имелись навозохранилища-накопители объемом в расчете на зимне-стойловый период, то этот навоз можно было бы весной внести под запашку и получить соответствующую отдачу. Одна тонна навоза крупного рогатого скота при внесении в почву обеспечивает прибавку урожая в первый год 0,25–0,3 ц зерновых единиц. Но даже если гипотетически представить, что такое стало реальностью, то на сегодняшний день внести и качественно распределить этот навоз по полю не представляется возможным. Причина – отсутствие специальных машин для внесения полужидкого навоза. Они не выпускались и не выпускаются не только в Беларуси, но и на постсоветских территориях.

Использовать для полужидкого навоза обычные машины для внесения твердого навоза не представляется возможным. Нельзя также вносить его машинами для жидкой органики.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» решило данную проблему, разработав машину для транспортировки и внесения полужидкого навоза МПН-16 (рисунок 1).

Ее достоинства состоят в следующем:

- машина оборудована эффективным устройством самозагрузки навоза, позволяющим загружать навоз из любых хранилищ открытого типа глубиной до 3 метров;
- обеспечивает высокое качество распределения навоза по поверхности поля;



Рисунок 1. – Машина для внесения полужидкого навоза МПН-16

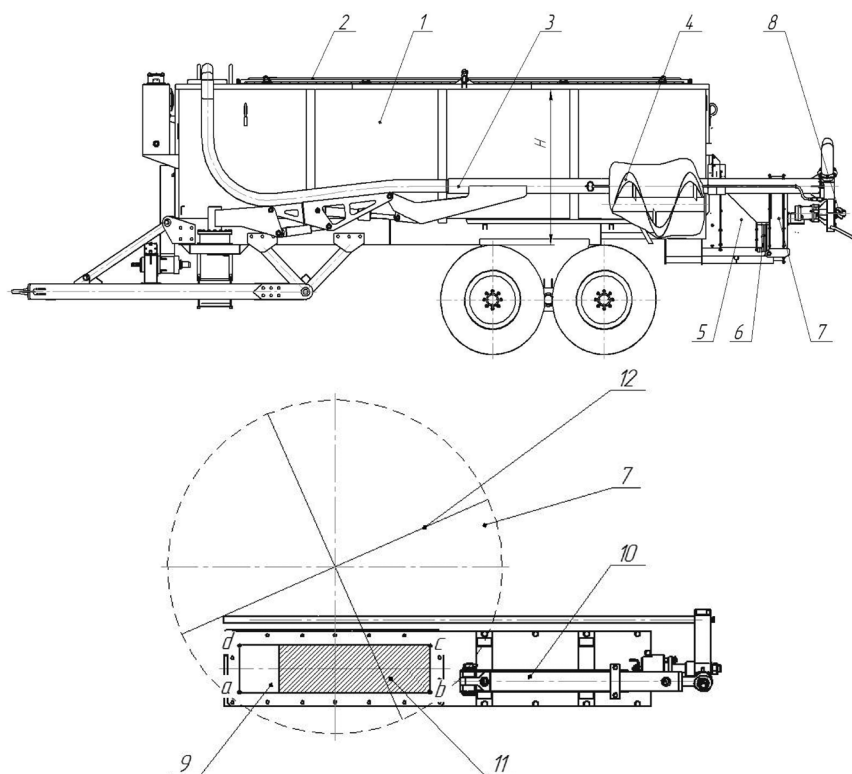
- машину МПН-16 можно использовать для послойной подачи полужидкого навоза на бурты при приготовлении торфосоломонавозных компостов;
- при необходимости возможность использования машины для самозагрузки, транспортирования и внесения также жидкого навоза, влажность которого превышает 92 %;
- осуществляет барботаж навоза в навозохранилище перед началом его загрузки в кузов, с одновременным измельчением крупных включений (остатков корма, соломы и др.);
- предусмотрена возможность загрузки машины стационарными либо передвижными загрузчиками, а также транспортерами типа ТСН путем открытия гидрофицированной крышки кузова.

В 2014 году машина МПН-16 прошла приемочные испытания в ГУ «Белорусская МИС».

Результаты оценки качества выполнения технологического процесса самозагрузки, транспортирования и внесения полужидкого навоза на поверхность поля свидетельствовали, что машина обеспечивает требуемое качество работы. Неравномерность внесения полужидкого навоза по рабочей ширине захвата машины находится в пределах 15–20 %, а по ходу движения – 10 % при дозах внесения 20–60 *т/га*. Отклонение фактической дозы внесения навоза от установочной не превысило 5 %.

Машина МПН-16 включает в себя кузов 1 вместимостью 16 *м³*, загрузочную штангу 3, подающе-смешивающее устройство 4, дозатор 6, а также устройство для распределения 7 (рисунок 2).

Распределитель, расположенный в задней части машины и представляющий собой распределяющий ротор с горизонтальной осью вращения, является основным рабочим органом, оказывающим существенное влияние на качество распределения полужидкого навоза по поверхности поля. Однако качество распределения зависит и от точности дозирования. То есть снижение точности дозирования приведет к снижению качества распределения. Этот вопрос требует должного внимания. Его изучение показало, что точность дозирования зависит от формы и размеров дозирующего окна, а также места установки самого дозатора. Обзор и анализ существующих



- 1 – кузов; 2 – крышка; 3 – загрузочная штанга; 4 – подающе-смешивающее устройство; 5 – переходник; 6 – дозатор; 7 – распределитель; 8 – загрузочный насос; 9 – выпускное окно; 10 – гидроцилиндр; 11 – дозирующая заслонка; 12 – лопасть

Рисунок 2. – Схема машины МПН-16 и дозирующего устройства

конструкций дозаторов машин для внесения жидкого и полужидкого навоза [2–5] свидетельствует о том, что все они базировались в основном лишь на интуиции конструкторов, а не на объективных результатах научных исследований.

Для обеспечения высокой точности дозирования выпускное окно 9 дозатора должно быть выполнено в виде прямоугольника $abcd$ (рисунок 2) с возможностью изменения дозирующей заслонкой 11 проходного сечения вдоль его горизонтальной осевой линии. При этом верхняя сторона cd должна быть расположена на уровне дна кузова. Нижняя сторона ab не должна выходить за линию окружности, описываемой концами лопастей крыльчатки, она определяется по выражению:

$$ab = \frac{D \cdot B_p \cdot V_p}{3600 \cdot \sqrt{g \cdot H}},$$

где D – максимальная доза внесения навоза, m/za ; V_p – рабочая скорость машины, $км/ч$; B_p – рабочая ширина захвата машины, m ; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; H – высота резервуара машины, m .

Установка требуемой дозы внесения навоза в машине при наличии выпускного окна дозатора, выполненного в виде вытянутого по длине прямоугольника $abcd$, будет прямо пропорциональна величине открытия заслонки, что облегчит и упростит работу механизатора, в меньшей степени скажется влияние человеческого фактора. Все это в конечном итоге положительно отразится на эффективности распределения полужидкого навоза, а также на производительности агрегата в целом.

Работа машины для внесения полужидкого навоза заключается в следующем.

После загрузки машины из открытого навозохранилища закрепленным на свободном конце загрузочной штанги 3 насосом 8 (см. рисунок 2) с одновременным измельчением крупных включений (остатков корма, соломы и др.) машина переезжает на поле к месту внесения. В процессе переезда к полю и во время внесения с помощью расположенного в кузове подающе-смешивающего устройства 4 полужидкий навоз доводят до однородного состояния. Про прибытии к полю по настроечным таблицам определяют величину открытия дозирующей заслонки 11 и скорость движения агрегата по полю. Включают привод крыльчатки 7 и с началом движения открывают дозирующую заслонку 11 гидроцилиндром 10 на необходимую величину. Частицы полужидкого навоза, поступающие на вращающиеся лопасти 12 крыльчатки 7, выбрасываются ими через выбросное окно в направлении, поперечном продольному движению агрегата, и равномерно распределяются по поверхности поля. После выгрузки навоза из кузова технологический цикл повторяется.

Согласно ТУ 100230575.451–2014 на машину для внесения полужидкого навоза МПН-16, размер твердых включений, присутствующих в навозе, не должен превышать 50 мм. Поэтому для беспрепятственного прохождения полужидкого навоза через выпускное окно, особенно при минимальных дозах внесения, когда заслонка открыта на минимальную величину, его высота ad должна быть вдвое больше размера допустимых частиц, то есть 100 мм. Длина ab выпускного окна должна определяться с учетом обеспечения максимальной дозы внесения. Поскольку выпускное окно соединяется с кожухом крыльчатки, его габариты не должны превышать линии, описываемой концами лопастей последней, обеспечивая тем самым беспрепятственное поступление навоза в кожух крыльчатки, а верхняя граница должна быть на уровне дна резервуара, для обеспечения его полного опорожнения.

Дозирование полужидкого навоза через выпускное окно прямоугольной формы с изменением, в зависимости от вносимой дозы, его проходного сечения вдоль горизонтальной осевой линии значительно повысит точность дозирования полужидких органических удобрений и в конечном итоге – качество распределения по поверхности поля.

Литература

1. Васильев, В. А. Справочник по органическим удобрениям / В. А. Васильев, Н. В. Филиппова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

2. Material spreader: US 3618824, Int. Cl. A01C3/06 / J. A. Brown, J. C. Thompson, J. J. Kennedy; Sperry Rand Corporation. – Appl. No. 756478; Fild 30.08.1968; Patented 09.11.1971.

3. Epareur de produits pateaux ou semi-pateaux: FR 2710491, Int. Cl. A01C3/06, B60P3/22, B05C11/10, B65D88/68 / MAUGUIN (SA). – No. d'enreg. national 9311763, Date de la deport: 28.09.93; Date de la demande: 07.04.95.

4. Рабочий орган машины для разбрасывания органических удобрений: пат. RU 2237394, МПК7 А01С3/06 / Г. И. Стригин, А. И. Еськов, В. В. Рябков, Л. Н. Матвеева, К. К. Каскин; заявитель ГНУ Всерос. науч.-исслед., констр. и проектно-технологич. институт органич. удобрений и торфа. – № 2002129994/12; заявл. 12.11.2002; опубл. 10.10.2004. // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – № 28.

УДК 631.623; 631.626.1

Поступил в редакцию 23.08.2017

Received 23.08.2017

А. Н. Басаревский, к. т. н., доц., **К. А. Кравченин**, м. н. с., **И. Е. Мажугин**, н. сотр.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labmkr@yandex.ru*

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЫШОВО-ТРОСТНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДЬЯХ БЕЛАРУСИ

В статье описаны возможные пути применения скошенной камышово-тростниковой зеленой массы, получаемой при очистке водно-болотных угодий механизированным путем. Актуализирована проблема неэффективного расходования полезного камышово-тростникового сырья. Описаны перспективы использования скошенной камышово-тростниковой растительности на корм скоту, в отоплении и строительстве.

Ключевые слова: камыш, тростник, водно-болотные угодья, кормопроизводство, пеллеты, строительство.

A. N. Basareuski, K. A. Kravchenin, I. E. Mazhuhin

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization», Minsk, Republik of Belarus
e-mail: labmkr@yandex.ru*

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL FOR USING BULRUSH-REED VEGETATION ON WETLANDS OF BELARUS

The article describes possible ways of using beveled bulrush-reed green mass, obtained during the purification of wetlands by a mechanized way. Actualized the problem of inefficient use of the bulrush-reed useful raw materials. The prospects of using sloping bulrush-reed vegetation for fodder production, heating and building.

Keywords: bulrush, reed, wetlands, fodder production, pellets, building.

Введение

В Беларуси насчитывается 20,8 тысячи рек, их общая длина составляет 90,6 тыс. км. Реки черноморского бассейна на территории республики занимают почти 64 тыс. км², еще около 35 тыс. км² составляет площадь рек балтийского бассейна, прочие реки Беларуси составляют около 44 тыс. км². Кроме того, в стране имеется более 10 тысяч озер, из них площадью 0,1 км² и более насчитывается 1072, площадью 10 км² – 20, а также 153 водохранилища с общей площадью зеркала 822 км² и 170 тыс. км мелиоративных каналов [1]. Все вышеперечисленные водоемы ежегодно зарастают сорной камышовой и тростниковой растительностью и до 30 % остаются неочищенными ежегодно (рисунок 1).

Важнейшее значение для сельского хозяйства страны имеют различного назначения каналы и водоприемники. От их состояния во многом зависит работоспособность всей мелиоративной системы. Зарастание сорной растительностью является одной из основных причин, приводящих мелиоративные каналы в негодность. Согласно агротехническим нормам, их очистку необходимо проводить дважды в год, осенью и весной, в период вегетации сорной растительности.



а



б

Рисунок 1. – Общий вид сорной травяной растительности, произрастающей на водно-болотных угодьях

Несмотря на принимаемые меры по уничтожению сорной камышово-тростниковой растительности, можно отметить, что механизированная очистка водно-болотных угодий проводится на устаревшем оборудовании, зачастую и вовсе при помощи ручного труда, а применяемые меры не всегда эффективны. Большая часть убранной камышово-тростниковой зеленой массы уничтожается огнем или остается на бермах и откосах водоемов.

По данным ГО «Белводхоз» Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, эксплуатационный запас тростника приблизительно равен 251000 тонн, рекомендуемый объем ежегодного использования тростника – 50200 тонн [1]. Аналогичным сырьевым потенциалом обладает и камыш. Таким образом, в республике имеется огромный сырьевой ресурс, который сегодня можно использовать в кормопроизводстве, отоплении и строительстве.

Биологические особенности и запасы камышово-тростниковой растительности

Камыш и тростник являются полноценным источником белка для животных. Так, в благоприятные годы эти растения дают значительный урожай зеленой массы – 260...290 *ц/га*. До начала цветения в их зеленой массе содержится 28...35 % сухого вещества, 3,4–3,9 % протеина, 8,6–13,6% клетчатки [2]. Эти растения являются естественным биофильтром. Во время своего развития камыш и тростник извлекают из воды необходимые для своего роста азот, фосфор, калий и другие макро- и микроэлементы, а также балластные и токсичные вещества, различные ядохимикаты, если концентрация их в воде не превышает летального уровня. Помимо этого, они способны поглощать многие органические соединения (фенолы, углеводы, сахара, спирты, танины и другие вещества).

При протекании воды через густые заросли тростника обыкновенного происходит процесс фитофильтрации. Побеги и водные корни механически задерживают минеральные и органические взвеси, волокна, коллоиды, суспензии, эмульсии, а растворенные в воде вещества в больших количествах поглощаются, трансформируются и инактивируются в растительных тканях, затем аккумулируются в надземной биомассе растений.

Тростниково-камышовые заросли, затеняя поверхность воды и поглощая биогенные вещества и другие минеральные соли, являются мощным антагонистом сине-зеленых водорослей в борьбе за питательные вещества, подавляют их развитие и этим устраняют вредное «цветение» воды. В процессе метаболизма и выделения во внешнюю среду физиологически активных веществ типа фитонцидов и антибиотиков в зарослях наблюдается обеззараживание воды от патогенов.

Площади произрастания тростника, по данным ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», значительны (таблицы 1 и 2) [3].

Следует отметить, что тростник и камыш, а также технические средства для их уборки и очистки имеют значительный экспортный потенциал. Эксплуатационный запас тростника в Республике Беларусь, как видно из таблиц, также значителен.

Таблица 1. – Площадь и продуктивность тростника обыкновенного

Область	Площадь, га	Кол-во популяций	Средняя урожайность, т/га	Биологический запас, т	Эксплуатационный запас, т	Рекомендуемый объем ежегодного использования, т
Брестская	55013,7	34145,0	2	110027	55014	11003
Витебская	46455,7	37359	2	92911	46456	9291
Гомельская	49762,5	41962	2	99525	49763	9953
Гродненская	30320,5	15237	2	606641	30321	6064
Минская	39958,1	22036	2	79916	39958	7992
Могилевская	29457,0	17042	2	58914	29457	5891
Итого по республике	250967,5	167781	2	5011934	250969	50194

Таблица 2. – Экологическая характеристика воздушно-водной растительности обследованных водоемов Минской области

Водоем	Ширина полосы зарастания, м	Площадь зарастания, км ²	Количество стеблей тростника на 1 м ²	Биомасса тростника, г/м ² (воздушно-сухая)	Общая биомасса воздушно-водных растений, т
Озеро Нарочь	200–500	27,0/0,9	124,8 ± 29,35	781,3 ± 102,71	702,6
Озеро Мясстро	200–300	1,53/0,69	177,0 ± 34,39	1056,1 ± 169,12	728,6
Озеро Баторино	30–180	0,795/0,44	153 ± 28,73	959,7 ± 97,12	422,3
Озеро Мядель	30–250	1,46/0,58	137,6 ± 18,7	1136,5 ± 98,49	653,6
Озеро Свирь	35–150	4,7/0,80	155,7 ± 16,83	974,8 ± 86,31	781,8
Озеро Вишневское	100–500	2,98/0,78	152,8 ± 18,92	956,6 ± 93,28	746,1
Озеро Б. Швакшты	15–200	1,56/0,79	150,7 ± 32,85	686,6 ± 130,28	542,4
Река Нарочанка (истоки)	до 300 м	0,15/0,04	116,0 ± 6,11	598,0 ± 64,56	428,9

Использование камышово-тростниковой растительности в кормопроизводстве

В тех местах, где существует проблема нехватки кормов, скоту сгодится камыш или тростник. Эти влаголюбивые растения в благоприятные годы дают значительный урожай зеленой массы – 260–290 ц/га. На корм больше подходят молодые растения [2].

До начала цветения в их зеленой массе содержится 28–35 % сухого вещества, 3,4–3,9 % протеина, 8,6–13,6 % клетчатки. Переваримость такого корма невысока – 45–57 %, поэтому питательность 1 кг небольшая – 0,11–0,12 кормовой единицы, что в полтора-два раза меньше питательности зеленых луговых растений – клевера, тимофеевки и т. п. Но все равно корова может за день съесть до 40 кг молодого камыша.

Сушат водные растения и на сено, но тоже молодые. В сене содержится 83–85 % сухого вещества, 7–11 % протеина, 24–29 % клетчатки, переваривается оно на 62–67 %. Питательность 1 кг – 0,29–0,31 кормовой единицы, то есть такая же, как и яровой ячменной и овсяной соломы, однако белка в камыше и тростнике вдвое больше [4].

Чтобы камышово-тростниковое сено скот поедал лучше, сено, как и солому, измельчают на частицы 4–6 см, смачивают одно-двух-процентным раствором соли, патоки (на 1 часть патоки 3–4 части воды), болтушкой из вареного картофеля или заваривают кипятком и сутки выдерживают в закрытой емкости с теплоизоляцией.

Использование камышово-тростниковой растительности в отоплении

В свою очередь, непригодный для скармливания скоту камыш и тростник может применяться в качестве сырья для изготовления топлива. Например, пеллеты (рисунок 2) используют для отопления жилых домов путем сжигания в гранульных котлах, печах и каминах. Они, как пра-



Рисунок 2. – Pelлеты из волокон тростника

вило, бывают диаметром 6–8 мм и длиной менее 50 мм. В Европе их чаще всего продают в 15–20-килограммовых мешках [5].

Спрос на древесные пеллеты, оборудование для их сжигания и производства растет пропорционально ценам на такие традиционные виды топлива, как нефть и газ. В некоторых странах Евросоюза, где рынок альтернативных источников энергии наиболее развит, гранулами отапливается до 2/3 жилых помещений. Такое широкое распространение объясняется и экологичностью данного вида топлива – при сгорании выбросы CO₂ равны поглощению этого газа во время роста камышово-тростниковой растительности, а выбросы NO₂ и летучих органических компонентов значительно снижены благодаря использованию современных технологий сжигания.

Кроме использования пеллет по прямому назначению, благодаря своей гигроскопичности, хорошему удержанию запахов и способности сильно расширяться при намокании, их можно использовать и в других сферах.

Кроме использования пеллет по прямому назначению, благодаря своей гигроскопичности, хорошему удержанию запахов и способности сильно расширяться при намокании, их можно использовать и в других сферах.

По расчетам, использование тростника для изготовления топливных гранул позволит сэкономить около 21960 т жидкого топлива, при уборке тростника с последующей укладкой его в снопы – получить прибыль в размере приблизительно 8200 тыс. бел. руб. (в ценах на 1.06.2017). Аналогичную прибыль можно получить, используя для изготовления топливных гранул камыш, сходный по физико-механическим свойствам, ареалу и объемам произрастания с тростником. Таким образом, очевидно, что в республике имеется ценный природный ресурс, запасы которого значительны. И главный вопрос – эффективное использование этого потенциала.

Использование камышово-тростниковой растительности в строительстве

Камыш и тростник находят все большее применение в строительстве (рисунок 3). Особенно перспективны такие строительные материалы в экостроительстве.



Рисунок 3. – Маты и рулоны из камыша

Раньше камыш вязали вручную и плели снопы, которые плотно укладывали по направляющим деревянным балкам. Сейчас на специальных станках изготавливают камышовые маты. Камыш равномерно укладывается между деревянными стойками станка и спрессовывается. Из этого сырья затем вяжут маты длиной 250 (220) см, шириной 90 (100) см, толщиной 12 (30) см – по проекту [6]. Связывают их при помощи веревок, проволоки, затем ровно подрезают.

Технология строительства экодомов из камыша совершенствуется. Так, компании-производители могут предложить готовые камышовые плиты с железобетонной обвязкой. В этом случае при строительстве экодома из камыша устанавливают каркас с железобетонной арматурой. Плиты могут быть оштукатурены на стадии производства. Использование в строительстве экодома плит из камыша значительно экономит расход древесины.

Камыш и тростник – болотные растения, повышенная влажность для них не страшна, поскольку даже при сильном ливне вода проникает не более чем на 2–3 см в камыш.

шовое покрытие. Через несколько часов она высыхает естественным способом. Опыт показывает, что при сохранении влажности воздуха в помещении до 65 % камыш сохраняется так же, как и древесина [6].

Преимущества строительных материалов из камыша и тростника:

- дешевизна, практичность. Беларусь располагает большими запасами камышово-тростникового сырья, а его заготовка не требует крупных капиталовложений;
- экологичность. Широкое использование камышово-тростникового сырья значительно сократит засоренность сорной растительностью водно-болотных угодий страны;
- долговечность, материал не поддается гниению;
- водонепроницаемость;
- низкая теплопроводность и высокая шумоизоляция. Теплопроводность камыша в 4 раза ниже, чем у дерева, и в 7 раз ниже, чем у кирпича;
- простота в использовании. При падении камышового мата он не треснет, в отличие от кирпичей или древесины, кроме того, не травмирует рабочих, при этом строительство дома из камыша может занять всего несколько недель;
- не требует дополнительной вентиляции. Строения из камыша «дышат» и создают естественную вентиляцию. Материал сохраняет тепло зимой и удерживает прохладу летом.

Заключение

На сегодняшний день большая часть убранной камышово-тростниковой зеленой массы уничтожается или остается на берегах и откосах водоемов. Эксплуатационный запас тростника в Республике Беларусь составляет около 251000 тонн, рекомендуемый объем ежегодного использования тростника – 50200 тонн. Приблизительно таким же сырьевым потенциалом обладает и камыш. Очевидно, что в республике имеется ценный природный ресурс, запасы которого значительны.

Для реализации огромного сырьевого потенциала и получения прибыли необходимо разработать технологию механизированной очистки от камыша и тростника водно-болотных угодий, которая обеспечит эффективное использование скошенной камышово-тростниковой растительности в кормопроизводстве, отоплении и строительстве.

Применение технологии позволит как заготовить скошенную, собранную и просушенную сорную зеленую массу на корм, так и надежно упаковать ее для транспортировки к месту производства пеллет или производства камышовых матов, тростниковых сеток, изготовления древесно-стружечных плит. Подобные технологии до сих пор не применяются в странах СНГ.

Литература

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы (внесение изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585): офиц. изд. – Минск, 2016.
2. Камыш – корм // Sowhoz.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sowhoz.ru/kamysh-korm>. – Дата доступа: 30.05.2017.
3. Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения академика Н. В. Смольского, Минск, 7–9 октября 2015 г. В 2 ч. Ч. 1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол. В. В. Титок [и др.]. – Минск: Конфидо, 2015. – 514 с.
4. Коковин, Е. В. Механизация работ по осушению и освоению земель / Е. В. Коковин, М. Ф. Незнаев. – Москва: Сельхозгиз, 1956. – 321 с.
5. Производство и продажа пеллет // Строй Климат Систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sks-climat.ru/index.php/pellets>. – Дата доступа: 30.05.2017.
6. Экодом из камыша // Realproducts.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://realproducts.ru/ekodom-iz-kamysha>. – Дата доступа: 30.05.2017.

Н. Д. Лепешкин¹, к. т. н., доц., **А. И. Филиппов²**, к. т. н., доц., **Э. В. Заяц²**, к. т. н., доц.

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, Республика Беларусь

²УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗБРАСЫВАНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИСКОВОМ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕ

Предложенная и программно реализованная технология компьютерного моделирования для оптимизации процесса и результатов разбрасывания удобрения дисковым разбрасывателем в зависимости от параметров процесса разбрасывания и конструктивно-технологических параметров дискового разбрасывателя, как без учета, так и с учетом случайных возмущений, основана на имитационных алгоритмах, реализующих процесс разбрасывания удобрений, а также на аналитической модели оптимизации процесса разбрасывания удобрения по критерию минимизации неравномерности разбрасывания удобрения в зависимости от конструктивно-технологических параметров дискового разбрасывателя.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, оптимизация процесса, удобрения, дисковый разбрасыватель, конструктивно-технологические параметры, имитационно-статистическая модель.

N. D. Lepeshkin¹, A. I. Filippov², E. V. Zayats²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

²Educational establishment «Grodno State Agrarian University», Grodno, Republic of Belarus

SIMULATION OF THE DISCRIBUTION OF SOLID MINERAL FERTILIZER ON DISK DISTRIBUTOR

The proposed and software-implemented computer simulation technology for optimizing the process and spreading results of the fertilizer by the disk spreader, depending on the parameters of the spreading process and the design and technological parameters of the disk spreader, both without and with allowance for random disturbances, is based on imitation algorithms that implement the spreading process of fertilizers, As well as an analytical model for the optimization of the fertilizer spreading process based on the criterion of minimization of uneven STI spreading fertilizer according to the structural and technological parameters of the spreader disk.

Keywords: computer simulation, process optimization, fertilizers, disk spreader, constructive technological parameters, simulation-statistical model.

Основным критерием качества работы дискового разбрасывателя является равномерность разбрасывания удобрений, которая, в частности, зависит от его характеристик (размер, конфигурация, наличие и расположение лопастей и пр.). По данным научных исследований, равномерность распределения различных доз минеральных удобрений по-разному влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Для улучшения качества (равномерности) разбрасывания и, как следствие, повышения урожайности можно использовать рассеивающие диски различных конструкций (форма диска, диаметр диска, количество ребер, форма ребер, высота расположения над землей и т. д.).

В связи с этим возникает проблема разработки моделей и технологий их реализации, позволяющих исследовать и оптимизировать процесс разбрасывания удобрения в зависимости от различных характеристик дискового разбрасывателя, в частности, по критерию равномерности.

В данной статье рассматривается моделирование плотности рассеивания удобрений без учета случайных возмущений и моделирование местоположения удобрений на земле с учетом угла схода частицы с диска.

Уравнение движения точки на краю диска радиусом R , вращающегося со скоростью ω , выглядит следующим образом (уравнения (1)–(2)):

$$X=R \cos f = R \cos \omega t; \quad (1)$$

$$Y=R \sin f = R \sin \omega t, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения тука о диск; t – время движения частицы по краю диска.

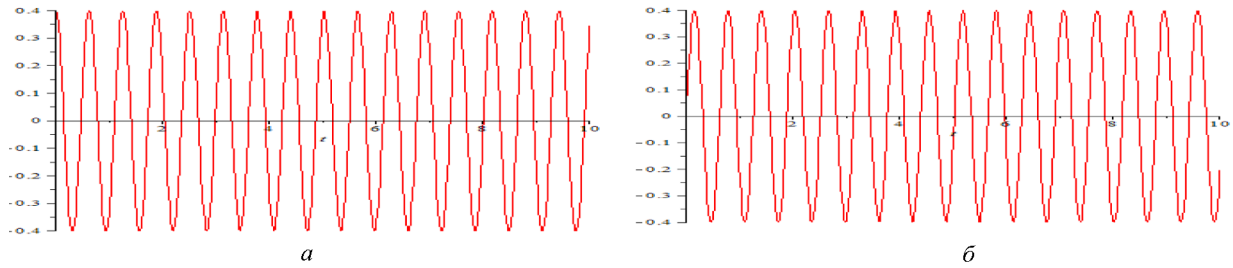


Рисунок 1. – Теоретическая кривая движения точки на краю диска (а) относительно оси x ; (б) относительно оси y

Построим теоретическую кривую движения точки на краю диска. При $R = 0,4$, $w = 10$, времени движения частиц по краю диска $t \in [0...10]$ имеем (см. рисунок 1–2).

Построим уравнение движения разбрасываемых частиц после отрыва от края диска радиусом R , вращающегося со скоростью w , расположенного на машине, которая движется поступательно со скоростью V (от 1,5 до 4 м/с) в направлении оси y . После отрыва от диска частица летит перпендикулярно касательной к краю диска на расстояние L . Имеем следующие переменные и уравнения, описывающие процесс (уравнения (3)–(5)):

$$g = 9,8; H = 1; kn = 0,3; vp = 40; \quad (3)$$

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} T = \sqrt{2} \sqrt{\frac{H}{g}}; \quad (4)$$

$$L = \frac{\log \left[kn \cdot T + \frac{1}{vp} \right] \log \left[\frac{1}{vp} \right]}{kn}, \quad (5)$$

где H – высота расположения дисков над землей; T – время схода частиц с диска; kn – коэффициент парусности; vp – начальная скорость.

Решаем уравнения при начальных $R = 0,4$, $w = 10$, $bt \in [0...10]$.

Рассмотрим пример работы дискового разбрасывателя с двумя дисками и построим теоретическую кривую движения точки на краю диска.

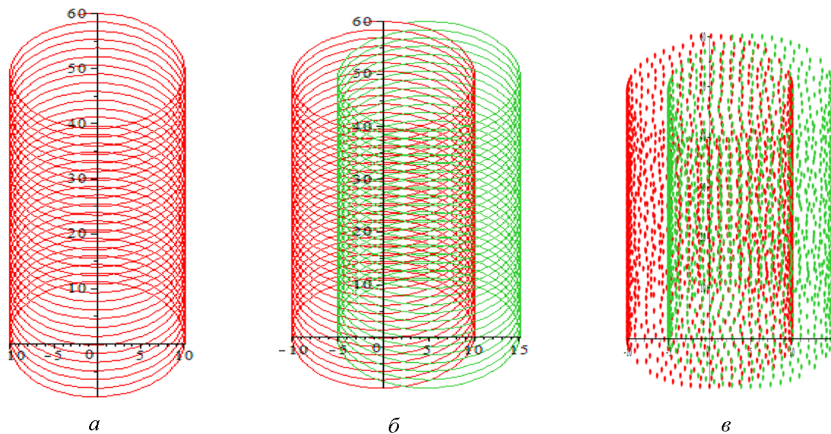


Рисунок 3. – Теоретическая кривая движения точки на краю диска относительно осей x и y : (а) расположенного на машине, которая движется поступательно с постоянной скоростью; (б) расположенного на машине с двумя дисками, которые движутся поступательно с постоянной с скоростью (без учета погрешности рассева); (в) расположенного на машине с двумя дисками, которая движется поступательно со скоростью V от 1,5 до 4 м/с (без учета погрешности рассева)

На рисунке 3в изображена теоретическая кривая движения точки на краю диска относительно оси x и y , расположенного на машине с двумя дисками, которая движется поступательно с постоянной скоростью, с учетом погрешности рассева. График построен по точкам. Левое пятно на рисунке – это теоретическая кривая 1-го диска, а правое, соответственно, 2-го.

Далее в статье рассматривается моделирование местоположения удобрений на земле с учетом угла схода частицы с диска.

В моделировании плотности рассева удобрений с учетом угла схода частицы весь процесс происходит аналогично предыдущей модели. Раньше частица слетала с диска прямо, под углом 90 градусов относительно касательной к точке схода частицы, а сейчас этот угол будет задаваться.

Уравнения для расчета координат распределения по земле частиц после отрыва под углом Q_{cx} от края диска радиусом r , вращающегося со скоростью ω , расположенного на машине, которая движется поступательно со скоростью V в направлении оси y на расстояние L , имеют вид (уравнения (6)–(8)):

$$\begin{cases} X = N \cdot \cos(\omega \cdot t + \alpha); \\ Y = N \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha) + V \cdot t, \end{cases} \quad (6)$$

где

$$N = \sqrt{r^2 + L^2 + 2rL \cdot \sin(Q_{cx})}; \quad (7)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{L \cdot \cos(Q_{cx})}{N}\right), \quad (8)$$

где N – координаты распыления частиц после отрыва от края диска; α – угол между касательной к спирали и радиусом r , близкий к прямому.

При рассмотрении варианта распределения частиц по земле при остановленной машине в системе (6) скорость движения машины будет $V = 0$. Геометрическое место распределения частиц по поверхности поля при остановленной машине с учетом дальности их падения от диска L , радиуса диска r , угла схода Q_{cx} и начальной скорости V_p частиц представлено кругом большего диаметра на рисунке 4.

В идеальном случае при абсолютно равномерном распределении частиц по поверхности земли плотность расположения частиц будет одинаковой на любом участке поля. Чем больше различий в плотности между разными участками, тем больше неравномерность. Чтобы подсчитать плотность рассева частиц удобрений, разбиваем расчетную область рассева на одинаковые сектора (дискретизируем поверхность), задав ширину области, а также количество разбиений области на участки. Получается своеобразная сетка. Теперь, чтобы вычислить плотность, надо вычислить количество вхождений частиц в каждый сектор.

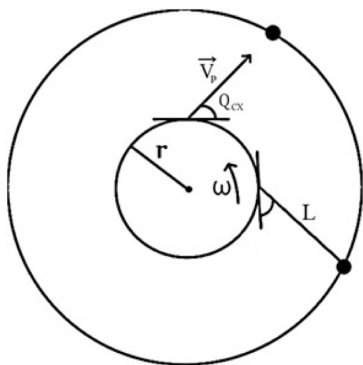


Рисунок 4. – Геометрическое место распределения частиц по поверхности поля при остановленной машине с учетом L , r , Q_{cx} и V_p

Для этого был реализован цикл:

$a := -L; b := L; k := 100;$

$sch := \text{array}(1..k);$

for x **to** k **do**

$sch[x] := 0;$

end do;

for x **to** k **do**

$lznach[x] := a + \frac{(b-a)}{k} \cdot (x-1);$

$pznach[x] := a + \frac{(b-a)}{k} \cdot x;$

for i **to** 2500 **do**

if $MI[i] \geq lznach[x]$ **and** $MI[i] \leq pznach[x]$ **then** $sch[x] := sch[x] + 1$ **end if;**

end do;

end do;

Здесь a и b – левая и правая границы области рассева удобрений по оси X . Всю область мы разбиваем на $k = 100$ участков. Далее создаем массив счетчика sch размерности k , элементами которого будет количество попаданий частиц в i -тый участок. Циклом if проверяем, попадает ли координата частицы по оси X в определенный участок. В данном цикле массив MI – массив X -координат частиц удобрений.

После завершения подсчета плотности рассева удобрений мы имеем массив, количество элементов которого равно количеству делений рассматриваемой области для подсчета плотности рассева. Затем находим среднее значение в массиве. При абсолютной равномерности на любом участке отклонение плотности от ее среднего значения по полю будет равно нулю. Пробегаем по всему массиву, сравнивая каждое значение со средним, находим разницу.

$$srzn := \frac{2500}{k};$$

$$modul := array(1..k);$$

for i **to** k **do**

$$modul[i] := abs(sch[i] - srzn);$$

enddo;

$modul()$;

Суммируя эти разницы, получим число – интегральное значение неравномерности рассева.

$IR := 0$; **for** j **to** k **do** $IR := IR + modul[j]$; **end do**;

Заключение

Программная реализация модели позволяет автоматизировать поиск оптимальных комбинаций параметров с целью повышения равномерности разбрасывания удобрений. По результатам оптимизации на основании построенной модели и послеоптимизационного анализа установлено, что:

- 1) оптимальное значение высоты установки диска $H = 0,444$;
- 2) угол между радиусом и лопастью приблизительно $\psi_0 = 57^\circ$;
- 3) расстояние от края диска до места падения частиц на диск должно быть относительно радиуса диска не менее 20 %.

Программный модуль позволяет моделировать движение частицы по диску, свободное падение после схода частицы с диска, строить теоретические кривые и картины местоположения точек падения частиц с дисков при поступательном движении машины как с одним диском, так и с двумя, визуализировать плотность рассева удобрений с учетом случайных возмущений, а также подсчитывать интегральный показатель качества рассеивания.

Результаты можно использовать для оптимизации и выбора оптимальных конструктивных параметров дискового разбрасывателя удобрений.

Литература

1. Дьяконов, В. П. Mathematica 5.1/5.2/6. Программирование и математические вычисления / В. П. Дьяконов. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 576 с.
2. Емельянов, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов / А. А. Емельянов. – Минск: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
3. Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.
4. Качкин, А. В. Моделирование в имитационной системе для повышения качества разбрасывания удобрений / А. В. Качкин // Экономика и управление XXI века: IX Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов НИРС ФЭУ – 2014. – Гродно, 2014. – С. 64–66.
5. Распределитель сыпучих материалов / А. И. Филиппов [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XV междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 18 мая 2012 г.: в 2 ч. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2012. – Ч. 1. – С. 122–123.
6. Филиппов, А. И. Дисковый рабочий орган рассеивателя сыпучих материалов / А. И. Филиппов, П. Н. Бычек, В. Н. Салей, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 14 марта 2014 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2014. – С. 158–160.
7. Цехан, О. Б. Моделирование в системе компьютерной алгебры Mathematica движения частиц удобрения по дисковому разбрасывателю // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elib.grsu.by/doc/5534>. – Дата доступа: 25.05.2015.

А. Н. Перепечаев, к. т. н., В. И. Карпунин

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗРАБОТКИ МАШИНЫ ДЛЯ ДООЧЕСА СЕМЯН

В статье рассматривается вопрос целесообразности проведения исследований и создания машины для доочеса сырого льновороха, поступающего от комбайнов на пункты переработки семян.

Ключевые слова: льноворох, семена, доочес, путанина, семенные коробочки.

A. N. Perepcheaev, V. I. Karpunin

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

ABOUT THE PURPOSE OF DEVELOPMENT OF MACHINERY FOR COMBS OF SEEDS

The article examines the feasibility of research and the creation of a machine for a pre-fertilized flax-rope coming from harvesters to seed processing stations.

Keywords: flax, seeds, combs, tangling, bolls.

Введение

Льноводство – одна из важнейших отраслей сельского хозяйства республики. В связи с отсутствием в стране посевов хлопка необходимость развития льняного подкомплекса в АПК стала очевидна и роль льна-долгунца как естественного источника волокнистой продукции, производимой в больших масштабах, значительно возросла. Качественное льняное волокно и льняные ткани имеют высокий спрос на мировом рынке, как натуральный экологически чистый продукт.

Несмотря на высокие гигиенические, эксплуатационные и технологические свойства льняного волокна, объемы его производства сокращаются. Это вызвано повсеместным сокращением посевных площадей льна-долгунца. Подобное положение в отрасли сложилось из-за отсутствия заинтересованности у производителей и переработчиков в расширении производства, недостаточного технического оснащения, материального обеспечения и низкой урожайности льна, приводящей к росту себестоимости льнопродукции.

Один из путей повышения урожайности льна-долгунца – обеспечение льносеющих хозяйств высококачественным посевным материалом.

В республике для уборки льна в основном используют комбайновый способ, недостатком которого является сложность переработки льновороха, представляющего собой трудноразделимую массу, подвергаемую сушке, а в некоторых случаях – предварительной сепарации.

Основная часть

Льняной ворох – это материал, полученный в процессе очеса растений льна очесывающим аппаратом льноуборочного комбайна. Льноворох неоднороден по составу и влажности уже на поле, так как в агрегатируемом с комбайном типа ЛК-4А тракторном прицепе семена и коробочки концентрируются в передней части, а посторонние примеси в виде путанины (обрывки стеблей льна и сорной растительности) – в задней части и у бортов. При выгрузке вороха с прицепов неоднородность сохраняется. Считается обычным содержание путанины в ворохе от 5 до 40 %. Оно возрастает с увеличением засоренности полей, степени полеглости льна и зависит от исправности, регулировки комбайна, мастерства комбайнера [1, 2].

Ворох со значительным содержанием путанины представляет собой связную массу, трудно-разделимую из-за пронизывающих ее прочных стеблей. У такого вороха полностью отсутствует

сыпучесть. После выгрузки из тракторных прицепов при перемещении по плоскости он сохраняет форму емкости, из которой выгружен. Ворох с содержанием путанины до 5 % практически однороден, значительно менее влажен, представляет собой малосыпучий, но легко делимый материал [3].

Ворох, получаемый от льнокомбайнов, является малосыпучей смесью неоднородных по размеру и спелости коробочек льна и семян. В нем содержатся длинностебельные примеси в виде обрывков стеблей льна и сорняков. Процентный состав льновороха показан на рисунке 1.

В семенном ворохе льна содержится 52...84 % семенных коробочек различной спелости и влажности, 2...9 % свободных семян и 12...45 % путанины, мякины и сорняков. Семян в ворохе содержится 35...50 % от общей массы вороха.

Анализ полученных данных показывает, что содержание семян в ворохе составляет в среднем 35 %, остальные 65 % – это примеси, как правило, недостаточно используемые в дальнейшем производстве. Влажность посторонних примесей льновороха составляет в среднем 45 %, а семян – 25 %. Длина обрывков стеблей льна при такой уборке находится в пределах от 5 до 145 мм, длина растительных остатков сорняков – от 20 до 170 мм.

Льноворох, с целью выделения путанины перед сушкой, обмолачивают на молотилке-веялке МВ-2,5А или зерноуборочным комбайном в «мягком» режиме. Поэтому при поступлении на домолот и очистку семян в нем содержатся необмолоченные семенные коробочки, свободные семена, семена сорняков, полова и остатки стеблей, не превышающие 20 мм в длину.

Процентное содержание компонентов мелкого льновороха изменяется в широких пределах (таблица 1) и зависит от степени созревания посевов, засоренности полей, степени полеглости льна, исправности и регулировки льноуборочного комбайна, исправности и регулировки машины для выделения путанины.

По результатам исследований, проведенных в Горецкой межрайонной льносемяннице, наиболее часто встречаемыми сорняками в льняном ворохе являются плевел льновый, марь белая, ромашка, пырей ползучий, василек синий и подмаренник, которые различаются по скорости витания.

Таблица 1. – Состав льновороха, поступающего на домолот и очистку (по результатам исследований в Горецкой межрайонной льносемяннице)

Компоненты	Содержание по массе, %
Семенные коробочки	1,1...36
Свободные семена	28...67,2
Семена сорняков	5,7...11,7
Мякина и пылевидные примеси	9,5...31
Остатки стеблей льна и минеральные примеси	1,9...6,2

Существуют три основных технологии переработки влажного льняного вороха, получаемого от льнокомбайнов [4]:

- обмолот влажного льновороха в поле зерноуборочным комбайном с последующей транспортировкой и переработкой полученного мелкого льновороха на стационаре;
- досушивание влажного вороха в сушилках, обмолот с последующей доработкой на стационарном пункте;
- предварительная сепарация (выделение путанины) на стационаре, обмолот влажного вороха и последующая доработка.

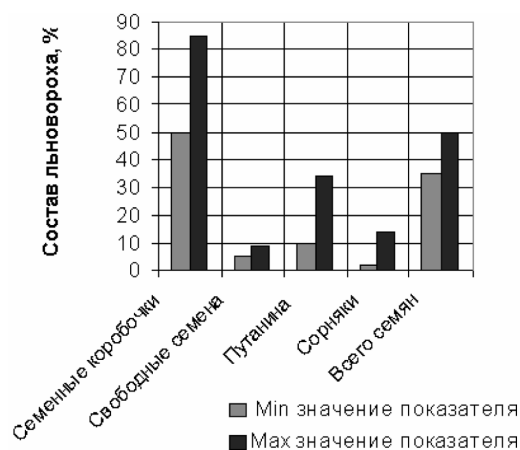


Рисунок 1. – Процентный состав льновороха при комбайновой уборке

Обмолот сырого вороха зерноуборочным комбайном наиболее широко применяется в настоящее время, хотя и сопровождается большими потерями семян от недомолота, дробления и микроповреждений (до 30 %).

Вторая технология, наиболее широко применяемая ранее, предусматривает операцию досушивания поступившего от льнокомбайнов льновороха методом активного вентилирования различными по конструктивному исполнению и по организации сушильного процесса устройствами. Ворох сушат до влажности 13...15 %, допускается неравномерность сушки вороха по влажности ± 2 %. Далее высушенный ворох поступает для обмолота и очистки в одну из применяемых для этого машин (МВ-2,5А, МЛВ-2,0; МСЛВ-2,5, зерноуборочный комбайн и др.). Рассматриваемая технология неприемлема в настоящее время из-за огромных, ничем не оправданных энергозатрат, и прежде всего на сушку путанины, не находящей дальнейшего применения.

Третья технология применяется для сокращения сроков уборки и снижения расходов на сушку путем выделения из сырого вороха путанины. Сепарация может производиться вручную, соломотрясами зерноуборочных комбайнов и другими устройствами и является наиболее перспективной в условиях топливно-энергетического кризиса из-за невысоких энергозатрат. Однако потери семян при этом достигают 10...15 %, как правило, вместе с необорванными от стеблей головками; также велики затраты ручного труда.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что наиболее приемлемой является технология переработки льновороха на стационарном пункте с отделением грубого вороха (длинных примесей) сепараторами. В целях экономии энергоносителей перед сушкой необходимо из льновороха выделять путанину с минимальными потерями семян и затратами энергии. Это позволит снизить энергозатраты на сушку и дальнейшую переработку.

Однако даже тогда значительная часть коробочек с семенами попадает в отходы. Так, при исследовании процесса разделения сырого льновороха было установлено, что вместе со стеблями теряется 15–25 % семенных коробочек, а с коробочками теряется 17–20 % семян. Это объясняется тем, что значительная часть коробочек, поступающих в сепаратор, остается на стеблях (рисунок 2–4).

Однако даже тогда значительная часть коробочек с семенами попадает в отходы. Так, при исследовании процесса разделения сырого льновороха было установлено, что вместе со стеблями теряется 15–25 % семенных коробочек, а с коробочками теряется 17–20 % семян. Это объясняется тем, что значительная часть коробочек, поступающих в сепаратор, остается на стеблях (рисунок 2–4).



Рисунок 2. – Исходный материал



Рисунок 3. – Исходный материал, прошедший предварительную обработку



Рисунок 4. – Часть льновороха, попавшая в отходы (после предварительной обработки)

Выводы

В настоящее время в республике отсутствуют машины для доочеса льновороха, поступающего от комбайнов.

Применение комбайнов для уборки зерновых на выделении из сырого льновороха путанины нецелесообразно, так как сопровождается большими потерями семян от недомолота, дробления и микроповреждений (до 30 %).

Вместе с тем при средней урожайности по республике 3,5 *ц/га* объем потерь составляет 0,6–0,7 *ц/га*. При площади уборки семенных посевов 14–15 тыс. *га* потери могут достигать 850–1000 тонн. С учетом стоимости 1 тонны семян первой репродукции 10 тыс. *руб.* недополученная прибыль может достигать 85–100 млн *руб.*, или 6,0–7,5 тыс. *руб./га*.

Литература

1. Казакевич, П. П. Лен-долгунец: современные машинные технологии уборки и организации работ / П. П. Казакевич, В. Н. Перевозников, П. В. Хорт // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 12–14 окт. 2001 г.: в 2 ч. / Белорус. с.-х. акад.; редкол.: В. А. Шаршунов (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2001. – Ч. 2. – С. 81–86.
2. Труш, М. М. Справочник льновода / М. М. Труш, Ф. М. Корпухин. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 240 с.
3. Щепилов, Н. Я. Переработка льновороха и очистка семян на КСПЛ-0,9 / Н. Я. Щепилов // Техн. культуры. – 1990. – № 4. – С. 38–40.
4. Бортник, С. А. Выделение кормовых материалов из отходов льноводства на стационарных молотилках: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С. А. Бортник; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1992. – 19 с.

УДК (631.361.6):633.52

Поступил в редакцию 12.07.2017
Received 12.07.2017

В. П. Чеботарев, д. т. н., доц., **А. Н. Перепечаев**, к. т. н., **А. Л. Рапинчук**, к. т. н.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье рассмотрены вопросы дальнейшего развития теоретических основ процессов подготовки льна к трепанию, повышения эффективности существующих методов проектирования и расчета конструктивных параметров машин и механизмов для первичной переработки льна.

Ключевые слова: лен, переработка, режимы работы оборудования, технологические свойства, качество материала, исследование процессов.

V. P. Chebotarev, A. N. Perepetchaev, A. L. Rapinchuk

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

IMPROVEMENT OF OPERATING MODES OF THE EQUIPMENT FOR PROCESSING OF FLAX

In the article the questions of the further development of the theoretical bases of flax preparation for trephination, the efficiency of existing methods for designing and calculating the design parameters of machines and mechanisms for the primary processing of flax are considered.

Keywords: flax, processing, equipment operation modes, technological properties, material quality, process research.

Введение

Важная роль в АПК Республики Беларусь принадлежит льноводству, для развития которого на территории страны есть все необходимые природно-климатические условия. Лен и изделия из него практически без ограничений могут быть востребованы на международном рынке.

Растет спрос населения на растительное масло из семян льна. Ежегодно увеличиваются объемы отходов его производства в виде жмыха и шрота, которые активно используются в комбикормовой промышленности. Без этих кормовых продуктов уже немыслимо дальнейшее интенсивное развитие молочного и мясного животноводства.

Льняное волокно является одним из главных сырьевых ресурсов текстильной промышленности нашей страны [1]. Практическое использование имеет 95...96 % стебля растения. Основным направлением использования льна-долгунца остается производство одежды, текстильных товаров и строительных материалов [2]. Отходы льноволокна – паклю используют в качестве упаковочного и конопаточного материала.

Семена льна-долгунца содержат до 40 % высококачественного жира, около 25 % белка и около 35 % высококачественного масла [3]. Жмых, получаемый при производстве льняного масла, – ценный корм для животных, содержащий до 30 % белковых веществ.

Широко применяется льняная костра, которая содержит до 65 % целлюлозы. Костра с 1 га посевов льна заменяет примерно 4 м³ деловой древесины. Это равно приросту древесины за год на 1 га леса 80-летнего возраста [4].

В середине 90-х годов XX в. на долю Беларуси приходилось около 10 % мирового производства льноволокна. В этот период лен занимал одно из ведущих мест в экспортной продукции республики и являлся ее визитной карточкой.

Стратегическое значение культуры для республики состоит в том, что при условии интенсивного ведения льноводства, технического и технологического перевооружения перерабатывающих отраслей подкомплекса, при соответствующей экономической политике она может быть гарантом валютных поступлений. Эффективность реализации стратегического потенциала культуры определяется как функционированием непосредственно льняного подкомплекса, так и сырьевой ориентацией текстильной и легкой промышленности.

Основная часть

На льнозаводы лен поступает в виде тресты в снопах или в рулонах. В последнее время наибольшее распространение получила переработка стланцевой тресты в рулонах. На данный момент эта технология уборки является основной. Эффективность применения рулонной технологии уборки главным образом зависит от степени неоднородности таких технологических факторов, как влажность, отделяемость волокна от костры стебля (показатель отделяемости), растянутость стеблей в слое и их средняя длина.

Механизация процесса уборки приводит к существенному росту неоднородности технологических свойств стланцевой льнотресты в рулоне, что является основной причиной снижения технологического качества тресты [5, 6]. Например, влажность слоя льнотресты, являющаяся одной из основных характеристик технологического качества тресты и сформированного из нее слоя и непосредственно влияющая на результат механической переработки стеблевого слоя [7, 8], может иметь значительную неоднородность по длине рулонов.

Технологический процесс производства лубяных волокон представляет собой последовательность операций, направленных на отделение волокнистой части стебля от древесной (костры) при минимальном повреждении волокна. Это процесс, в котором исходный продукт – треста превращается в готовый продукт – волокно. Наиболее ценное волокно – трепаное, или длинное, получают на мяльно-трепальных агрегатах. При трепании, очистке от костры часть волокон обрывается. Кроме того, некоторые пряжи сырца выдергиваются из конвейеров трепальной машины. Такие волокна очищаются в куделеприготовительных агрегатах.

Производство лубяных волокон складывается из множества операций, выполняемых одна вслед за другой, без перерывов во времени, т. е. является поточным. Преимущество его в том, что каждая машина работает непрерывно, а время, необходимое для передачи полуфабриката на дальнейшую обработку, минимально. Поточное производство обеспечивает высокую пропускную способность оборудования и производительность труда рабочих, рациональное использование производственных площадей, дает широкие возможности для автоматизации технологического процесса.

Переработка льнотресты в рулонах после формирования слоя построена на применении двух основных процессов – мятя и трепания. На технологическую эффективность каждого из этих процессов существенное влияние оказывают влажность как волокна, так и костры стебля, равномерность положения стеблей, растянутость.

Льнотреста в процессе ее обработки подвергается различного рода механическим воздействиям. С изменением свойств исходного материала, влажности, растянутости стеблей и т. д. изменяются как физико-механические свойства, так и напряжения в волокнах, возникающие в процессе обработки. Помимо этого, в процессе обработки по пути движения материала в каждой отдельной машине мьяльно-трепального (МТА) и куделеприготовительного (КПА) агрегатов также происходит изменение состояния материала и, соответственно, его характеристик [9]. Волокно и костра стеблей льна в процессе механической обработки подвергаются растяжению, сжатию, изгибу и скоблению. Отношение волокна и костры к этим нагрузкам предопределяет результаты процесса волоконвыделения. Рациональный процесс волоконвыделения можно осуществить только при определенном сочетании физико-механических свойств волокна и костры при оптимальных режимах обработки для различного сырья. Поэтому изменение свойств материала при изменении его исходных характеристик должно учитываться при подборе режимов работы.

Пытаясь улучшить результаты переработки льна, многие предприятия предприняли попытку замены отечественного оборудования для первичной переработки льна импортным. Однако его эксплуатация при использовании отечественного сырья не выявила явных преимуществ. Выход длинного волокна оказался аналогичным получаемому на используемых на практике мьяльно-трепальных агрегатах (МТА). Между тем особенности конструкции зарубежных машин делают их более энергозатратными, а их стоимость значительно больше, чем отечественной техники. В такой ситуации существующие системы механической подготовки льняной тресты к конечной операции – обескостриванию путем трепания, оказались малоэффективными. Некоторые предприятия стали исключать из технологического цикла отдельные механические операции (например, слоеутонение), заменяя их использованием ручного труда. При уменьшении степени утонения слоя (например, посредством сокращения числа зон утонения в слоеформирующей машине) можно снизить угловую дезориентацию и улучшить показатель пригодности. Однако уменьшение степени утонения слоя не будет обеспечивать требуемой для последующей обработки (промина и трепания) толщины слоя. Это особенно важно для переработки недолежающей тресты или при ее повышенной влажности. Поэтому появилась очевидная необходимость в совершенствовании существующих и создании новых технологий переработки льна, в большей степени адаптированных к особенностям поступающего на льнозаводы сырья.

Одним из направлений снижения затрат при совершенствовании процессов первичной обработки льна может быть не только разработка нового оборудования и технических приемов, но и совершенствование технологического процесса трепания на основе выбора оптимальных параметров работы оборудования и грамотного управления технологическими процессами на льнозаводах.

Исходя из вышесказанного, для управления режимами работы технологического оборудования необходим оперативный и точный контроль всей совокупности характеристик, описывающих состояние слоя тресты, а также зависимости взаимного влияния режимов работы и характеристик тресты на целевые показатели переработки. Это позволит существенно повысить точность подбора режимов и снизить их трудоемкость, а также повысить выход наиболее ценного длинного и качество короткого льноволокна.

Основными регулируемыми параметрами процесса мятя в МТА и КПА являются глубина захождения рифлей и давление в мьяльных парах. Кроме того, при переработке сырья различных видов одни вальцы заменяют другими. Если изменить давление на вальцах достаточно легко путем изменения усадки пружины в каждой мьяльной паре, то для регулирования других параметров необходима полная остановка оборудования.

Что касается процесса трепания, то для изменения интенсивности обработки материала в трепальных машинах МТА возможно регулирование частоты вращения трепальных барабанов, скорости зажимного транспортера, вылета бильной планки, величины двойного протрепа и ряда других параметров. В трепальных машинах КПА возможно регулирование частоты вращения трепальных барабанов и питающих вальцов, глубины захождения бильных планок.

Первые два из перечисленных элементов для МТА и КПА являются легко регулируемые, так как рабочие органы имеют индивидуальные электроприводы, включающие регуляторы частоты переменного тока. Поэтому изменение скоростных параметров рабочих органов можно осуществлять непосредственно в процессе работы без останова технологического оборудования. Другие элементы регулирования процесса трепания носят конструктивный характер, и их изменение является трудоемкой операцией, осуществляемой при останове агрегатов.

Анализ влияния исходных параметров стеблей льна на их механические свойства является недостаточно изученным. Исследования проводились в 30–60-х годах и касались в основном стеблей льняной соломы и моченой льнотресты. Известны работы, в которых изучались частные закономерности влияния влажности на механические свойства стеблей льна и на технологические результаты обработки сырья, но комплексных исследований не проводилось.

В связи с этим необходимо провести изучение влияния режимов работы и характеристик тресты на целевые показатели переработки, смоделировать принципы, обеспечивающие рациональную технологию формирования стеблевого слоя, мятья и трепания, и разработать модели, позволяющие принимать решения по выбору технологических и конструктивных параметров машин для производства волокон льна.

Заключение

Требуется дальнейшее развитие теоретических основ процессов подготовки льна к трепанию, повышение эффективности существующих методов проектирования и расчета режимно-конструктивных параметров машин и механизмов. Известные теоретические положения зачастую ориентированы на идеализированный слой стеблей, что исключает учет упомянутых структурных дефектов. Необходимы более полное исследование структуры и свойств поступающего на льнозаводы сырья, детальное изучение особенностей взаимодействия обрабатываемого материала с рабочими органами машин, входящих в систему подготовки льна к трепанию. Требуется понимание причин ухудшения структурных параметров слоя стеблей перед окончательным выделением костры, а также разработка методов оценки качества операций подготовки и прогнозирования конечных результатов. Для практического использования необходимы более эффективные виды механических воздействий и системы управления технологическими процессами.

Литература

1. Научное обеспечение развития льняной отрасли на 2008–2012 гг.: отраслевая научно-техническая программа, утверждена первым заместителем министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь Н. Н. Котковец 08.05.2007 года: офиц. изд. – Минск, 2007.
2. Ильина, З. М. Рынок продовольствия и сырья: Лен: монография / З. М. Ильина, Н. Н. Батова, В. Н. Перевозников; под ред. З. М. Ильиной; Институт экономики НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 108 с.
3. Шаршунов, В. А. Технология и оборудование для производства растительных масел и переработки их отходов: пособие / В. А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2011. – 536 с.
4. Барановский, С. И. Анализ развития льноперерабатывающей промышленности и пути повышения эффективности производства льнопродукции / С. И. Барановский, Е. А. Кременевская // Агропанорама. – 2000. – № 2. – С. 9–10.
5. Пашин, Е. Л. Влияние технологических свойств на отделяемость льняного волокна / Е. Л. Пашин // Технология текстильной промышленности. – 1998. – № 4. – С. 18.
6. Пашин, Е. Л. Формирование выхода длинного волокна при обработке стеблей на мяльно-трепальном агрегате / Е. Л. Пашин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – № 3. – С. 24–27.
7. Дроздов, Ю. В. Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна: дис. ... канд. техн. наук / Ю. В. Дроздов; Костромской государственный технологический университет. – Кострома, 2003.
8. Сорокин, Н. К. Обработка тресты повышенной влажности / Т. К. Лихачева, Н. К. Сорокин // Льняное дело. – 1997. – № 3. – С. 31–33.
9. Вихарев, С. М. Направления автоматизации технологического процесса получения длинного льняного волокна и некоторых операций его контроля / С. М. Вихарев, Н. М. Федосова // Сетевой электронный журнал «Научный Вестник КГТУ», <http://vestnik.kstu.ru>. – 2010, № 1. – 18 с.

И. С. Крук, к. т. н., доц., **Ю. С. Биза**, к. ф.-м. н., доц.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: Kruk_Igar@mail.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДЕМПИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВНОСТИ ХОДА ШТАНГИ

Обоснована конструкция, обеспечивающая гашение колебаний штанги при одновременном наезде двух колес опрыскивателя на препятствие. Исследован процесс колебания системы с одной степенью свободы, получены зависимости для определения параметров колебаний и элементов стабилизации штанги.

Ключевые слова: конструкция, пружина, опрыскиватель, штанга, зависимость, амплитуда.

I. S. Kruk, **U. S. Biza**

*Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: Kruk_Igar@mail.ru*

USE OF ADDITIONAL DAMPING ELEMENTS IN THE DESIGN OF FIELD SPRAYERS FOR PROVIDING THE SWITCH FLOWS

The design providing clearing of fluctuations of a bar at simultaneous arrival of two wheels of a sprayer on an obstacle is offered. Process of fluctuation of system with one degree of freedom is investigated and dependences for definition of parameters of fluctuations and elements of stabilization of a bar are received.

Keywords: design, spring, sprayer, rod, dependence, amplitude

Движение опрыскивателя по полю неизменно сопровождается возмущениями, возникающими в результате копирования ходовыми колесами неровностей и передающимися через раму всем его узлам и деталям. В результате это приводит к колебаниям штанги, что сказывается не только на качестве выполняемого технологического процесса, но и на прочности и долговечности ее конструкции, а при большой амплитуде колебаний ее концов может привести к поломке.

На основании проведенного анализа систем стабилизации в конструкциях современных опрыскивателей, нами предложена система стабилизации штанги (рисунок 1), относящаяся к пассивным и основанная на использовании упругодемпферных элементов гашения колебаний. Конструкция состоит из свободно перемещающейся в направляющих остова 1 подвижной рамки 3, закрепленной на штоке гидроцилиндра 6, нижний конец которого крепится на пластине 7, которая также свободно перемещается в направляющих. Направляющие выполнены в виде швеллера, обращенного внутрь. Пластина нижней частью опирается на две вертикальные пружины 5, соединенные с остовом опрыскивателя. Данное конструктивное исполнение позволяет обеспечить подвижной рамке одну степень свободы (поступательную), гасить колебания системы в вертикальной плоскости и обеспечить плавность хода штанги при наезде одновременно двух колес опрыскивателя на препятствие. Сила трения скольжения (металл по металлу) между подвижной рамкой, пластиной и направляющими остова позволяет эффективно гасить колебания пружин, избежать установки дополнительных амортизаторов и раскачивания всей системы. Штанга 2 подвешена на подвижной рамке 3 с возможностью свободного перемещения. Гашение колебаний штанги в вертикальной плоскости обеспечивается парой пружин 5 и амортизаторами 4. При этом штанга совершает сложное движение по отношению к остову опрыскивателя: поступательное вместе с рамкой в направляющих и вращательное относительно рамки. При поступательном движении осуществляется гашение колебаний пружинами 5, а при вращательном – амортизаторами 4.

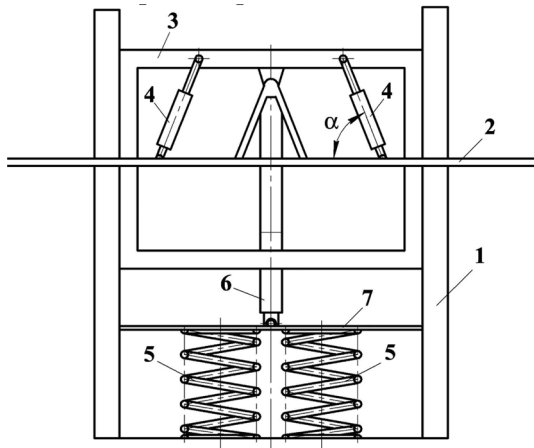


Рисунок 1. – Схема к расчету дополнительных демпфирующих элементов

Данная система работает следующим образом. При одновременном наезде двух колес опрыскивателя на препятствие (попадание в неровность) возникшие возмущения, не передаваясь штанге, гасятся за счет работы сил упругости элементов 5 и силы трения между подвижной рамкой 3, пластиной 7 и направляющими остова 1. При наезде на препятствие одного из колес опрыскивателя возникающие возмущения частично гасятся упругими элементами 5 и окончательно – амортизаторами 4.

Эффективность работы предложенной системы стабилизации определяется характеристиками и параметрами установки пружин и амортизаторов (угол наклона α). Рассмотрим процесс колебания системы в вертикальной плоскости и работу пружин. Колебательное поступательное движение системы

с одной степенью свободы в вертикальной плоскости может быть описано уравнением Лагранжа второго рода [1, 2]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{т}}, \quad (1)$$

где t – время; q – обобщенная координата; \dot{q} – обобщенная скорость (для поступательного движения системы в направляющих $\dot{q}_2 = \dot{z} = \mathfrak{V} = \mathfrak{V}_c$); $Q_{\text{п}}$ – обобщенная потенциальная сила двух параллельных пружин; $Q_{\text{т}}$ – обобщенная сила трения; E_k – кинетическая энергия системы:

$$E_k = \frac{1}{2} a \dot{q}^2 = \frac{1}{2} m \mathfrak{V}_c^2 = \frac{1}{2} m \dot{z}^2 = \frac{1}{2} m \dot{q}^2,$$

где a – коэффициент инерции системы ($a = m$, m – масса системы).

Обобщенная потенциальная сила двух параллельных пружин равна

$$Q_{\text{п}} = - \frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial q_2},$$

где $E_{\text{п}}$ – потенциальная энергия системы.

Для принятых обобщенных координат $q = z$, при этом потенциальная энергия равна

$$E_{\text{п}} = \frac{2cq^2}{2} = \frac{2cz^2}{2} = cz^2,$$

где $2c$ – жесткость пары пружин (c – жесткость одной пружины).

Откуда

$$Q_{\text{п}} = -2cz.$$

Предположим, что величина силы трения рамки в направляющих не зависит от скорости, тогда имеем случай обобщенной силы кулоновского трения, которая может быть представлена в виде:

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{к}} = -\mu \operatorname{sgn} \dot{q}_2 = -\mu \operatorname{sgn} \dot{z},$$

где μ – обобщенный коэффициент сопротивления системы.

С учетом зависимостей уравнение (1) примет вид:

$$m\ddot{z} = -2cz - \mu \operatorname{sgn} \dot{z},$$

или

$$\ddot{z} + k^2 z + b \operatorname{sgn} \dot{z} = 0, \quad (2)$$

где $b = \frac{\mu}{m}$; $k = \sqrt{\frac{2c}{m}}$.

Знак в последнем члене уравнения (2) определяется знаком скорости \dot{z} .

Пусть, например, после толчкового возмущения система отклоняется от положения равновесия на величину $z = A_0$. Примем данное положение за начальное, приняв $t = 0$ и $\dot{z} = 0$, и рассмотрим движение, начиная от этого положения. Тогда в первом интервале движения скорость отрицательна и в уравнении (2) перед третьим членом должен быть принят знак «минус». Для этого интервала уравнение (2) представим в виде:

$$\ddot{z} + k^2 z - b = 0. \quad (2')$$

Решения данного неоднородного дифференциального уравнения ищем в виде

$$z = z_1 + z_2,$$

где z_1 – общее решение однородного уравнения $\ddot{z} + k^2 z = 0$ имеет вид:

$$z_1 = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt, \quad (3)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования, определяются начальными условиями.

Частное решение уравнения (2') z_2 ищем в виде $z_2 = B$. Решим уравнение (2') относительно z_2 , получим:

$$k^2 B = b, \quad \text{откуда} \quad B = \frac{b}{k^2}.$$

Тогда общее решение уравнения (2') имеет вид:

$$z = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt + \frac{b}{k^2}, \quad (4)$$

а уравнение для скорости

$$\dot{z} = C_1 k \cos kt - C_2 k \sin kt. \quad (5)$$

Принимая во внимание, что при $t = 0$ $z_0 = A_0$ и $\dot{z}_0 = 0$, из уравнения (4) находим

$$C_2 = A_0 - \frac{b}{k^2}, \quad (6)$$

а из уравнения (5) – $C_1 = 0$.

Окончательно решение уравнения (2') принимает вид:

$$z = \left(A_0 - \frac{b}{k^2} \right) \cos kt + \frac{b}{k^2}; \quad (7)$$

$$\dot{z} = - \left(A_0 - \frac{b}{k^2} \right) k \sin kt. \quad (8)$$

Через промежуток времени, когда произведение kt будет равно π ($kt = \pi$), скорость \dot{z} еще раз обращается в ноль. Это значит, система достигает своего наибольшего отклонения по другую сторону от состояния равновесия и, соответственно, от начала координат. Согласно уравнению (7), величина этого отклонения равна:

$$A_1 = \left(A_0 - \frac{b}{k^2} \right) \cos \pi + \frac{b}{k^2} = -A_0 + \frac{2b}{k^2}. \quad (9)$$

Таким образом, по абсолютной величине данное отклонение меньше первоначального на $\frac{2b}{k^2}$.

Если величина A_1 такая, что $2c|A_1| > \mu$, т. е. $k^2|A_1| > b$ (или $|A_1| > \frac{b}{k^2}$), то сила упругости больше силы трения, и система начинает двигаться обратно в сторону положительных значений z . Тогда для второго интервала движения, когда скорость положительна ($\dot{z} > 0$), в уравнении (2) перед b должен быть принят знак «плюс», уравнение движения запишется в виде:

$$\ddot{z} + k^2 z + b = 0. \quad (2'')$$

Принимая начало отсчета времени со второго интервала, начальные условия представим так: $t = 0$, $z_0 = A_1$, $\dot{z} = 0$. В этом случае общее решение уравнения (2'') примет вид:

$$z = C'_1 \sin kt + C'_2 \cos kt - \frac{b}{k^2}, \quad (10)$$

и скорость

$$\dot{z} = C'_1 k \cos kt - C'_2 k \sin kt - \frac{b}{k^2}. \quad (11)$$

С учетом начальных условий на втором интервале движения при $t = 0$ из уравнения (10) получим:

$$C'_2 = A_1 + \frac{b}{k^2} \quad \text{и} \quad C'_1 = 0 \quad (12)$$

и окончательно решение уравнения (10) запишем в виде:

$$z = \left(A_1 + \frac{b}{k^2} \right) \cos kt - \frac{b}{k^2}. \quad (13)$$

Тогда в конце второго интервала движения (еще раз при $kt = \pi$) из уравнения (13) получим следующее отклонение:

$$A_2 = -A_1 - \frac{2b}{k^2}. \quad (14)$$

С учетом (9) найдем изменение отклонения системы от равновесия за полный период 2π :

$$A_2 = A_0 - \frac{4b}{k^2}. \quad (15)$$

Таким образом, аналогично можно показать, что амплитуда за все последующие периоды уменьшается на одну и ту же величину $\frac{4b}{k^2}$, т.е. последовательность амплитуд образует арифметическую последовательность для огибающей кривой $z(t)$, можно записать дифференциальным уравнением в виде:

$$\frac{dA}{dt} T = -\frac{4b}{k^2}, \quad (16)$$

где T – период колебаний.

Интегрируем зависимость (16):

$$\int_{A_0}^A dA = -\frac{4b}{k^2 T} \int_0^t dt.$$

Получим уравнение для огибающей кривой $z(t)$:

$$A = A_0 - \frac{4b}{k^2 T} t = A_0 - \frac{2\mu}{cT}, \quad (17)$$

представляющей собой прямую линию, график которой представлен на рисунке 2.

Из зависимости (17) видно, что тангенс угла ее наклона к оси t равен

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4b}{k^2 T} = \frac{2\mu}{cT}.$$

Движение системы будет продолжаться до тех пор, пока $|A_i| > \frac{b}{k^2}$ (i – номер рассматриваемого цикла). Если $|A_i| < \frac{b}{k^2}$, тогда сила упругости меньше $2cA_i$, меньше сопротивления и движение системы прекращается.

С учетом (7) и (13) график колебаний будет состоять из отрезков синусоиды с одинаковым периодом и убывающей амплитудой (рисунок 3). Две горизонтальные прямые $z = \pm \frac{b}{k^2}$ задают зону застоя. Если скорость обращается в ноль в пределах этой зоны, то движение системы прекращается (точка M). При эффективной работе системы стабилизации штанги точка M должна быть как можно ближе к началу координат ($t \rightarrow 0$), и колебательное движение затухает за один цикл.

Логарифмический декремент затухающих колебаний равен

$$\delta = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}. \quad (18)$$

Если $\Delta A_i = A_{i+1} - A_i$ мало по сравнению с A_i , то (18) можно записать как

$$\delta = \ln \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i+1}} = \ln \left(1 - \frac{\Delta A_i}{A_{i+1}} \right) \approx -\frac{\Delta A_i}{A_{i+1}}.$$

В нашем случае $\Delta A = -\frac{4b}{k^2}$, тогда

$$\delta \approx \frac{4b}{k^2} \frac{1}{A} \approx \frac{2\mu}{cA}.$$

Таким образом, для случая кулоновского трения логарифмический декремент колебаний увеличивается с уменьшением амплитуды (рисунок 4).

Литература

1. Тарг, С. М. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / С. М. Тарг. – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.
2. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний: учеб. пособие / Я. Г. Пановко. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

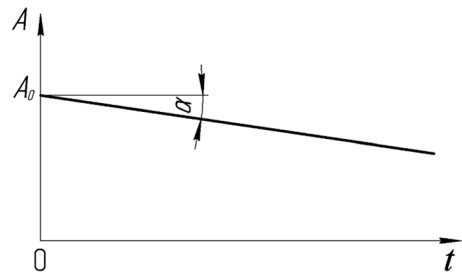


Рисунок 2. – График огибающей прямой

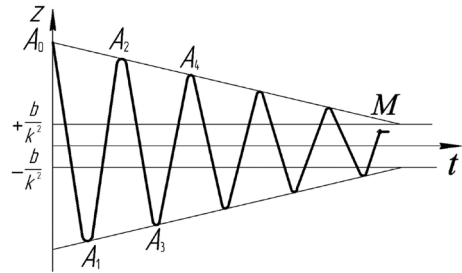


Рисунок 3. – График колебаний системы

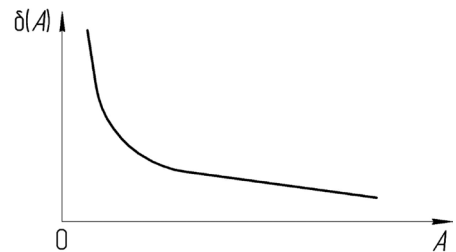


Рисунок 4. – График зависимости логарифмического декремента колебаний от амплитуды

И. С. Крук¹, к. т. н., доц., **Ф. И. Назаров¹**, **Ю. В. Чигарев^{1,2}**, д. ф.-м. н., проф.,
Н. Г. Бакач³, к. т. н., доц., **И. А. Тарасевич¹**, **Ж. И. Пантелеева¹**

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: Kruk_Igar@mail.ru

²Западнопоморский технологический университет, г. Щецин, Республика Польша

³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПОЧВЕННОГО ПЛАСТА В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ ОБОРОТНЫМИ ПЛУГАМИ

Получены зависимости, позволяющие определить кинематические параметры движения частиц почвенно-го пласта по поверхности корпуса оборотного плуга и при падении на дно борозды.

Ключевые слова: траектория, движение, почва, скорость, частица, зависимость, корпус плуга, отвал.

I. S. Kruk¹, **F. I. Nazarau¹**, **U. V. Chigarau^{1,2}**, **N. G. Bakach³**,
I. A. Tarasevich¹, **J. I. Panteleeva¹**

¹ Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: Kruk_Igar@mail.ru

² Western Pomor Technological University, Schetin, Republic of Poland

³ RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

DETERMINATION OF PARAMETERS OF MOVEMENT OF PARTICLES OF SOIL PLASTIC IN THE PROCESS OF PROCESSING OF CIRCULAR PLOWS

Dependences have been obtained that make it possible to determine the kinematic parameters of the motion of soil layer particles along the surface of the body of the reversible plow and fall to the bottom of the furrow.

Keywords: trajectory, motion, soil, speed, particle, dependence, plow body, blade.

Почвенный пласт подрезается лемехом корпуса и движется по поверхности отвала (рисунок 1) [1]. Данное движение рассматривается как относительное (система отсчета связана с отвалом). При подрезании слоя почвы величина относительной скорости принимается равной величине скорости агрегата: $v_{п0} = v_{агр}$. Слой почвы начинает двигаться по рабочей поверхности корпуса со скоростью $v_{агр} \sin \alpha_{л}$ ($\alpha_{л}$ – угол наклона кромки лемеха к направлению движения агрегата (плуга)), а движение вдоль отвала осуществляется со скоростью $v_{агр} \cos \alpha_{л}$. Для изучения закономерностей движения почвенного пласта по корпусу плуга примем следующие допущения: скорость агрегата со временем не меняется, поверхность отвала имеет постоянный радиус кривизны $R_{отв}$.

Рассмотрим движение частицы почвы массой $m_{п}$ (кг) по поверхности отвала (линия AB). В верхней точке B отвала (рисунок 1) на частицу действуют сила тяжести, центробежная сила инерции, сила реакции отвала и сила трения.

Сила тяжести $G_{п} = m_{п}g$ (g – ускорение свободного падения, $м \cdot с^{-2}$).

Данную силу разложим на две составляющие: $m_{п}g \sin \gamma_{отв}$ – направленную по касательной к поверхности отвала $\tau - \tau$, и $m_{п}g \cos \gamma_{отв}$ – направленную по нормали $n - n$ к указанной поверхности ($\gamma_{отв}$ – угол наклона касательной, проведенной к поверхности отвала в точке B , к горизонту, рад.).

Центробежная сила инерции $F_{пц}$

$$F_{пц} = \frac{m_{п}v_{п0}^2 \sin^2 \gamma_{отв}}{R_{отв}},$$

где $R_{отв}$ – радиус кривизны поверхности отвала в рассматриваемом сечении (радиус окружности, по которой построена парабола отвала), $м$.

Радиус кривизны должен обеспечивать условие полного размещения почвенного пласта на поверхности отвала, не допустив пересыпания почвы через верхний обрез, и чтобы отвальный пласт не задирался нижним обрезом.

Для плугов общего назначения принимается условие:

$$R_{\text{отв}_{\min}} \leq R_{\text{отв}} \leq R_{\text{отв}_{\max}} \quad (1)$$

Минимальный и максимальный радиусы определяются по следующим формулам:

$$R_{\min} = \frac{b_k}{\left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon_{\text{лем}}\right) \cos \gamma_{\text{лем}}};$$

$$R_{\max} = \frac{b_k \sqrt{k^2 - 1}}{k^2 (\cos \varepsilon_{\text{лем}} - \cos \theta_R)},$$

где b_k – ширина захвата корпуса, m ; $\varepsilon_{\text{лем}}$ – угол между лемехом и дном борозды, rad. ; $\gamma_{\text{лем}}$ – угол между лезвием лемеха и стенкой борозды, rad. ; k – количество корпусов, шт. ; θ_R – угол (rad.), определяемый из равенства:

$$\text{tg } \theta_R = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{\cos \gamma_{\text{лем}}}.$$

При невыполнении неравенства (1) минимальный радиус определяется по выражению:

$$R_{\text{отв}_{\min}} = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k (\cos \varepsilon_{\text{лем}} + \sin \Delta \varepsilon_{\text{лем}})},$$

где $\Delta \varepsilon_{\text{лем}}$ – дополнительный угол, на который увеличивается дуга окружности для обеспечения большого прогиба крыла отвала (для культурных отвалов $\Delta \varepsilon_{\text{лем}} = 4 - 5^\circ$, для скоростных $\Delta \varepsilon_{\text{лем}} = 5 - 8^\circ$, для полувинтовых $\Delta \varepsilon_{\text{лем}} = 8 - 10^\circ$).

Сила реакции отвала N направлена по нормали.

Сила трения $F_{\text{трп}}$, направленная по касательной к поверхности отвала, определяется по формуле:

$$F_{\text{трп}} = f_{\text{трп}} N, \quad (2)$$

где $f_{\text{трп}}$ – коэффициент трения почвы о поверхность отвала (зависит от типа и влажности почвы, шероховатости рабочих поверхностей, материала рабочих органов, удельного давления на поверхности контакта и скорости скольжения почвы) [2, 3].

Спроектировав указанные силы на нормаль $n-n$ и касательную к поверхности отвала $\tau-\tau$, получим уравнения равновесия системы в следующем виде:

$$\frac{m_{\text{п}} v_{\text{п}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}} - m_{\text{п}} g \cos \gamma_{\text{отв}} - N = 0; \quad (3)$$

$$m_{\text{п}} a_{\text{п}} = F_{\text{трп}} + m_{\text{п}} g \sin \gamma_{\text{отв}}. \quad (4)$$

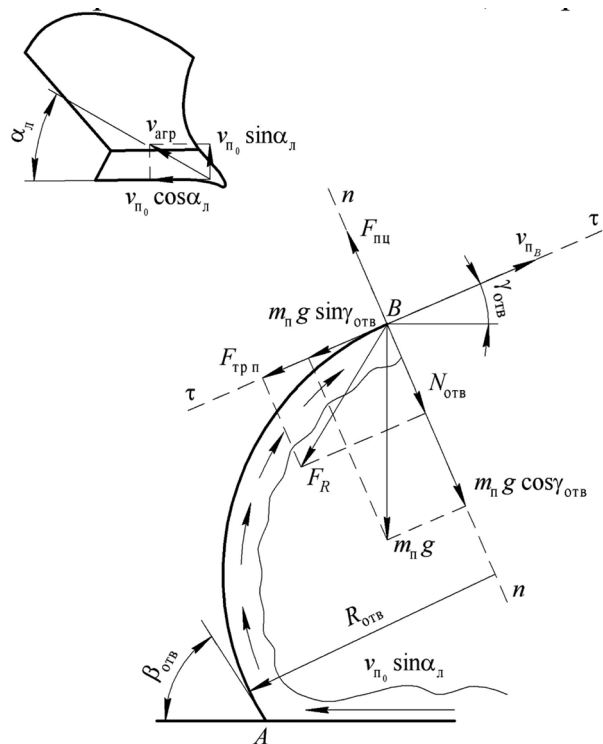


Рисунок 1. – Расчетная схема движения частицы почвы по отвалу корпуса плуга

Из равенства (3) при $N = 0$ можно определить критическую для рассматриваемого поперечного сечения скорость движения агрегата ($m \cdot c^{-1}$), при которой частица будет достигать верхней кромки отвала:

$$v_{\text{пкр}} = \sqrt{\frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}}}.$$

Если скорость движения агрегата меньше критической скорости для данного сечения $v_{\text{пкр}} > v_{\text{арп}}$, то частица сваливается с отвала, а перед отвалом почва может сгруживаться. При условии $v_{\text{пкр}} < v_{\text{арп}}$ обеспечивается отбрасывание слоя пласта без сгруживания.

Дальность отброса частиц почвы от оси пути зависит от величины относительной скорости движения пласта по отвалу и углов наклона вектора указанной скорости к горизонту и к направлению движения плуга. Кроме того, пласт почвы имеет переносную скорость $v_{\text{арп}}$ вместе с движением плуга. Эта скорость определяет отброс частиц по направлению движения.

Для определения относительной скорости из уравнения (3) выразим силу N и подставим в (4). Учитывая равенство (2), получим:

$$m_{\text{п}} a_{\text{п}} = f_{\text{трп}} \frac{m_{\text{п}} v_{\text{п}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}} - f_{\text{трп}} m_{\text{п}} g \cos \gamma_{\text{отв}} + m_{\text{п}} g \sin \gamma_{\text{отв}}.$$

Разделим правую и левую части равенства на $m_{\text{п}}$, получим:

$$a_{\text{п}} = f_{\text{трп}} \frac{v_{\text{п}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}} - f_{\text{трп}} g \cos \gamma_{\text{отв}} + g \sin \gamma_{\text{отв}}.$$

Данное выражение можно представить в следующем виде:

$$\int \frac{v_{\text{п}} dv_{\text{п}}}{f_{\text{трп}} \frac{v_{\text{п}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}} - f_{\text{трп}} g \cos \gamma_{\text{отв}} + g \sin \gamma_{\text{отв}}} = \int dx.$$

Проинтегрировав и приняв начальные условия $x_0 = 0$ и $v_0 = v_{0\text{п}}$, в конечном виде получим:

$$\begin{aligned} f_{\text{трп}} \frac{v_{\text{п}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}} - f_{\text{трп}} g \cos \gamma_{\text{отв}} + g \sin \gamma_{\text{отв}} &= \\ = e^{2f_{\text{трп}} \frac{\sin^2 \gamma_{\text{отв}} x}{R_{\text{отв}}}} \cdot \left(f_{\text{трп}} \frac{v_{0\text{п}}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}}}{R_{\text{отв}}} - f_{\text{трп}} g \cos \gamma_{\text{отв}} + g \sin \gamma_{\text{отв}} \right). \end{aligned}$$

$$v_{\text{п}}^2 = e^{2f_{\text{трп}} \frac{\sin^2 \gamma_{\text{отв}} x}{R_{\text{отв}}}} \cdot \left(v_{0\text{п}}^2 - \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} + \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right) + \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} - \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}}.$$

При $x = l$

$$v_B = v_{\text{кон}} = \left(e^{2f_{\text{трп}} \frac{\sin^2 \gamma_{\text{отв}} l}{R_{\text{отв}}}} \cdot \left(v_{0\text{п}}^2 - \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} + \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right) + \frac{R_{\text{отв}} g \cos \gamma_{\text{отв}}}{\sin^2 \gamma_{\text{отв}}} - \frac{R_{\text{отв}} g}{f_{\text{трп}} \sin \gamma_{\text{отв}}} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Рассмотрим относительное движение частицы пласта, вылетевшей с верхней кромки отвала (рисунок 2). Для упрощения считаем, что верхняя кромка отвала параллельна нижней кромке, а частица вылетела под углом $\gamma_{\text{отв}}$ к горизонту и под углом $\alpha_{\text{п}}$ к направлению движения плуга. То есть плоскость полета частицы расположена в плане приблизительно под углом $\alpha_{\text{п}}$ к продольной оси пути. Для определения наименьшего расстояния установки приставки нам необхо-

димом связать координатную ось с носком лемеха корпуса плуга и спроецировать точку падения частицы пласта на оси Oy и Ox . Расстояния, измеренные по данным осям, будут определять наименьшее расстояние между корпусом плуга и ближайшим рабочим органом катковой приставки. Для упрощения исследований на начальном этапе рассмотрим движение частицы в плоскости z_1Ox_1 , ось O_1x_1 которой повернута в плоскости xOy на угол α_{Π} относительно оси Ox , соответствующий проекции угла вылета частицы на плоскость xOy .

Из анализа дифференциальных уравнений движения частицы по относительным координатным осям Ox_1 , Oz_1 получаются уравнения движения частицы в параметрической форме (с независимым параметром времени t). Поскольку траектория движения на этом участке не определена, уравнения движения будем составлять для декартовых координат (рисунок 2). Задача сводится к частному случаю исследований закономерностей движения тела, брошенного под углом к горизонту.

В начале движения частица находится в точке B , при этом:

$$t_0 = t_B = 0; \quad x_0 = x_B = 0; \quad \dot{x}_{\Pi B} = v_{\Pi B} \cos \gamma_{\text{отв}}.$$

$$z_1 = z_{\Pi B} = 0; \quad \dot{z}_{\Pi B} = v_{\Pi B} \sin \gamma_{\text{отв}}.$$

В конце движения частица почвы находится в точке C , причем

$$t_C = t; \quad z_C = h_B.$$

Запишем дифференциальные уравнения движения частицы в общем виде:

$$m_{\Pi} \ddot{x}_{\Pi B} = \sum_{k=1}^n F_{kx}; \quad m_{\Pi} \ddot{z}_{\Pi B} = \sum_{k=1}^n F_{kz}.$$

Для нашего случая

$$m_{\Pi} \ddot{x}_{\Pi B} = 0; \quad m_{\Pi} \ddot{z}_{\Pi B} = -m_{\Pi} g.$$

Откуда

$$\ddot{x}_{\Pi B} = 0; \quad \ddot{z}_{\Pi B} = -g.$$

Интегрируем методом разделения переменных:

$$\ddot{x}_{\Pi B} = \frac{dv_{\Pi Bx}}{dt}, \quad \frac{dv_{\Pi Bx}}{dt} = 0. \quad \ddot{z}_{\Pi B} = \frac{dv_{\Pi Bz}}{dt}, \quad \frac{dv_{\Pi Bz}}{dt} = -g.$$

$$\dot{x}_{\Pi B} = v_{\Pi Bx} = \frac{dv_{\Pi Bx}}{dt}, \quad (6)$$

$$\dot{x}_{\Pi z} = v_{\Pi Bz} = v_{\Pi Bz} \sin \gamma_{\text{отв}} - gt. \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) представляют собой уравнения для проекций скорости полета частицы. Перепишем уравнения еще раз, подставив соответственно

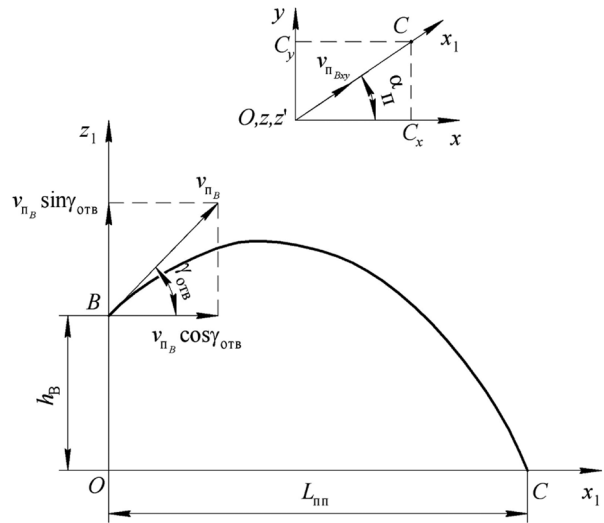


Рисунок 2. – Расчетная схема к определению расстояния падения отбрасываемой отвалом частицы почвы

$$v_{\Pi Bx} = \frac{dx}{dt}, \quad \frac{dx}{dt} = v_{\Pi B} \cos \gamma_{\text{отв}}; \quad v_{\Pi Bz} = \frac{dz}{dt}, \quad \frac{dz}{dt} = v_{\Pi Bz} \sin \gamma_{\text{отв}} - gt.$$

Проинтегрировав еще раз, получим:

$$x_{\Pi B} = v_{\Pi B} \cos \gamma_{\text{отв}} t; \quad (8)$$

$$z_{\Pi B} = v_{\Pi B} \sin \gamma_{\text{отв}} t - \frac{gt^2}{2}. \quad (9)$$

Выражения (8) и (9) являются уравнениями движения тела на участке BC . Учитывая начальные условия, получим:

$$x_{\Pi C} = v_{\Pi B} \cos \gamma_{\text{отв}} t; \quad z_{\Pi C} = v_{\Pi B} \sin \gamma_{\text{отв}} t - \frac{gt^2}{2} + h_B.$$

Исключив параметр t , получим уравнение траектории относительного движения частицы почвы:

$$z_C = x_C \operatorname{tg} \gamma_{\text{отв}} - \frac{gx_C^2}{2v_B^2 \cos^2 \gamma_{\text{отв}}} + h_B.$$

В точке падения частицы на плоскость $z_C = 0$. Приравняв правую часть последнего уравнения к нулю и решив получившееся квадратное уравнение, получим относительную координату в точке падения частицы почвы на плоскость xOy :

$$x_C = \frac{v_{\Pi B}}{2g} \left(v_{\Pi B} \sin^2 \gamma_{\text{отв}} + \cos \gamma_{\text{отв}} \sqrt{v_{\Pi B}^2 \sin^2 \gamma_{\text{отв}} + 2gh_B} \right).$$

Подставляя в данную зависимость равенство (5), определим расстояние, на котором частица почвы упадет на плоскость xOy . Чтобы определить расстояния между корпусом плуга и крайними рабочими органами катковой приставки, необходимо спроецировать расстояние Ox_C на координатные оси:

$$Y_{\Pi \min} = x_C \sin \alpha_{\Pi}, \quad X_{\Pi \min} = x_C \cos \alpha_{\Pi}.$$

Из полученных зависимостей следует, что расстояние падения частиц почвенного пласта определяется (по степени убывания) параметрами корпуса плуга, скоростью агрегата, типом и состоянием почвы.

Литература

1. Горячкин, В. П. Собрание сочинений в трех томах / В. П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – Т. 3. – 720 с.
2. Кушнарев, А. С. Механико-технологические основы обработки почвы / А. С. Кушнарев, В. И. Кочев. – Киев: Ураджай, 1989. – 144 с.
3. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

Б. Х. Ахалая¹, к. т. н., ст. н. сотр., **Ю. Х. Шогенов²**, д. т. н.

¹ФГБНУ «Федеральный научный агротехнический центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация
e-mail: boris.novikov2012@yandex.ru

²Отделение сельскохозяйственных наук Российской академия наук (РАН), г. Москва, Российская Федерация, e-mail: yh1961s@yandex.ru

ДОЗИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА, РАБОТАЮЩАЯ НА ИЗБЫТОЧНОМ ДАВЛЕНИИ ВОЗДУХА

Изложена конструкция пневматического высевающего аппарата, в котором используемая система дозирования семян позволяет повысить урожай различных сельскохозяйственных культур до 10...15 % за счет исключения пропусков семян в ряду и их повреждения.

Ключевые слова: аппарат, сопло, высевающий диск, бункер, семена, сошник.

B. Kh. Akhalaia¹, Yu. Kh. Shogenov²

¹FSBSI «Federal scientific agrarian engineering center VIM», Moscow, Russian Federation
e-mail: boris.novikov2012@yandex.ru

²Sector of mechanization, electrification and automation Department of agricultural Sciences Russian Academy of Sciences (RAS), Moscow, Russian Federation
e-mail: yh1961s@yandex.ru

THE DOSING SYSTEM OF THE PNEUMATIC SOWING MACHINE, WORKING AT A GAUGE PRESSURE IN

Set out construction of a pneumatic seed distributor, which used a seed metering system, which allows to increase the yield of various crops up to 10...15 % by eliminating gaps in the seed row and their damage.

Keywords: apparatus, nozzle, fit disk, the hopper, the seeds, the opener.

Необходимым условием повышения производства конкурентоспособной продукции растениеводства является мобилизация научно-технического потенциала агроинженерной науки для оснащения отечественного агропромышленного комплекса высокоэффективными техническими средствами [1].

Посев имеет весьма существенное значение для технологии производства растений, соответственно, к сеялкам предъявляются высокие требования. В процессе исследований подробно изучены условия прорастания и полевой всхожести семян, т. е. требования, предъявляемые к качественному посеву. На базе данной информации возможна разработка машин для посева сельскохозяйственных культур. Для их работы могут быть определены достаточно четкие цели, на основе которых возможно оценивать целесообразность подбора определенного способа посева и типажа сеялок для обеспечения дружного прорастания и всхожести максимального количества посевного материала. Только таким путем можно создать предпосылки хорошего урожая как в качественном, так и в количественном отношении. Высокий урожай – это окончательный индикатор оценки работы в рамках установленных финансовых ограничений и предъявляемых к технике требований. С другой стороны, на прорастание семян влияет большое количество факторов, которые до сих пор должным образом не изучены. С точки зрения технологии они играют существенную роль. Технология посева всегда должна быть подобрана так, чтобы были обеспечены достаточные для прорастания условия. В данном отношении требования для растений разных родов отличаются друг от друга. Кроме того, важное значение имеет не только производство зерна, но и его хранение [2, 4].

Сеялки, оборудованные пневматическими высевающими аппаратами, работающими на избыточном воздушном потоке, широко известны, в основном они состоят из бункера для семян,

корпуса с камерой разрежения и семенной камерой, сбрасывателя лишних семян и высевающего диска с присасывающими отверстиями, установленного между семенной камерой и камерой разрежения и ворошилки. Такие конструкции высевающих аппаратов имеют ряд недостатков:

– семена в нижней точке высевающего диска падают под действием собственного веса, что не позволяет ускорить вращение диска, так как при этом нарушается нормальный процесс высева;

– во время удаления лишних семян из ячеек воздушным потоком сопла нет гарантии, что не будут удалены все семена, что недопустимо;

– для удаления застрявших семян из ячеек используется металлический чистик, из-за чего высока вероятность повреждения семян [5–8].

Целью данной работы является повышение урожайности путем исключения пропусков семян в ряду и их повреждения.

Поставленная задача достигается тем, что в дозаторе пневматического высевающего аппарата, содержащего бункер для семян, установленный в корпусе высевающий диск с коническими ячейками и выталкиватель, коническая ячейка выполнена с равноудаленными друг от друга тремя сквозными отверстиями диаметром, не превышающим 3 мм, на 3/4 ее глубины, выталкиватель семян выполнен из упругого эластического материала в виде звездочки с шагом вершин, равным межсековому расстоянию между ячейками.

Дозатор пневматического высевающего аппарата (рисунок 1) содержит высевающий диск 1, установленный на оси 2, бункер для семян 3. Диск 1 расположен вертикально и выполнен со сквозными коническими ячейками 4. Воздушное сопло 5 предназначено для удаления излишнего посевного материала из конической ячейки 4, а устройство 6 – для выталкивания застрявших

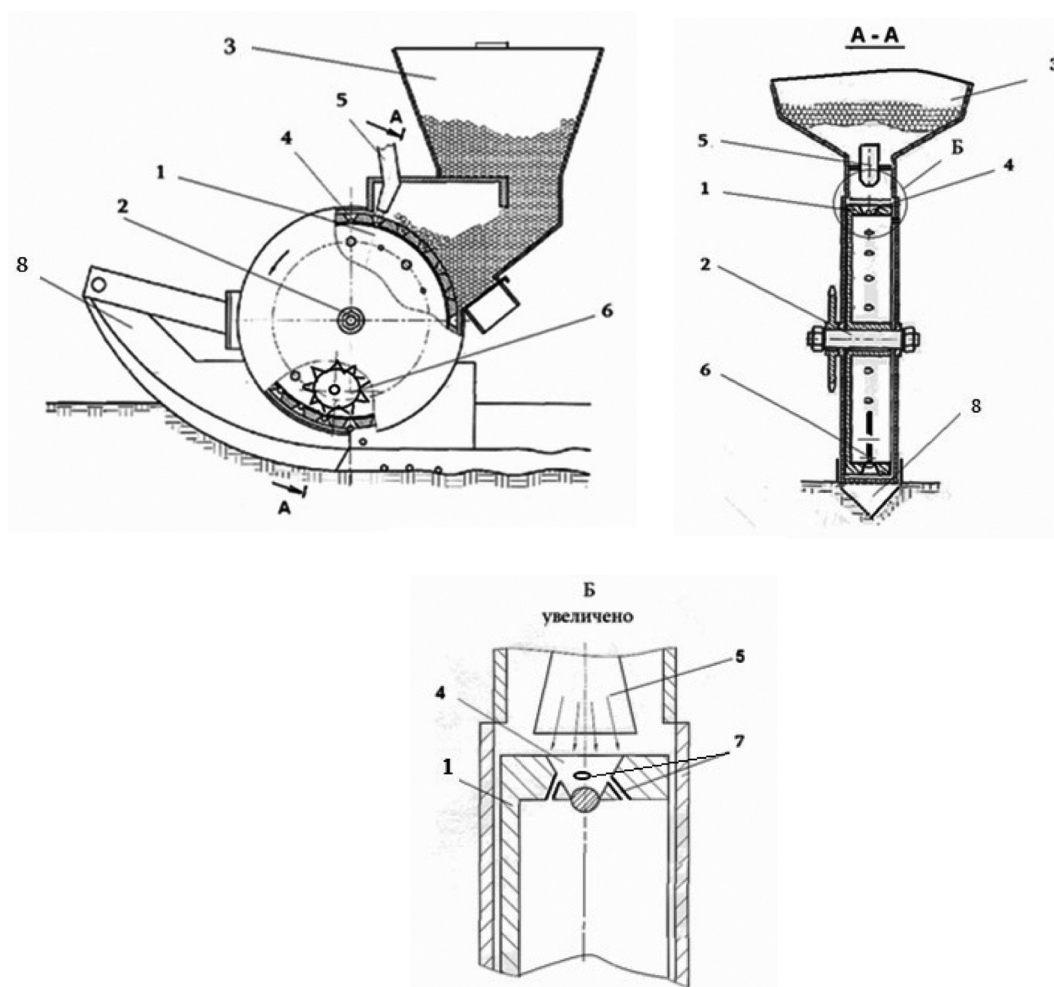


Рисунок 1. – Дозатор пневматического высевающего аппарата

семян из ячейки 4, выполненных с тремя отверстиями 7. Секция сеялки содержит ползовидный сошник 8.

Экспериментально установлено, что выполнение конической ячейки именно с тремя сквозными отверстиями обусловлено тем, что с меньшим числом отверстий есть вероятность выдува всех семян из конической ячейки из-за большого расстояния между отверстиями и невозможности охватить всю поверхность семени. А в наличии более трех отверстий нет необходимости, поскольку расстояние между отверстиями получается меньше диаметра семени. Выполнение диаметра отверстия до 3 мм позволяет экономно расходовать объем воздуха, а размещение их на 3/4 глубины ячейки зависит от параметров посевной фракции, чем крупнее семена, тем выше располагаются отверстия.

Новизна конструкции пневматического высевашего аппарата подтверждена решением ФИПС на выдачу патента.

Вышеперечисленные конструктивные изменения позволяют надежно прижать одно семя ко дну ячейки, что гарантирует сохранение одного семени до его выгрузки в борозду. Выполнение выталкивателя из упругого эластического материала и в виде звездочки с шагом вершин, равным межосевому расстоянию между ячейками, позволяет выталкивать застрявшее семя в борозду, открытую сошником, без его повреждения.

Высевающий аппарат работает следующим образом: во время его работы семена из семенного бункера 3 самотеком попадают в сквозные конические ячейки высевашего диска. Вращающийся высеваший диск подводит конические ячейки, заполненные семенами, к воздушному соплу, воздушный поток которого направлен на конические ячейки. Одна часть воздушного потока прижимает одно семя ко дну ячейки, а остальные три, проходя сквозь боковые отверстия, омывают семя потоком воздуха, тем самым создавая гарантированное условие прижатия одного семени ко дну ячейки, а остальные выдуваются.

Высевающий диск, вращаясь на оси с застрявшим в ячейке семенем, встречается с выталкивателем, выполненным в виде звездочки, а выполнение его из эластичного материала позволяет без повреждения выталкивать застрявшее семя в борозду.

Применение предлагаемого дозатора пневматического высевашего аппарата позволяет повысить урожай на 10...15 % за счет исключения пропусков семян в ряду и их повреждения.

Литература

1. Измайлов, А. Ю. Разработка интенсивных машинных технологий и новой энергонасыщенной техники для производства основных видов сельскохозяйственной продукции / А. Ю. Измайлов, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 5. – С. 2–5.
2. Устройство для высева семян: пат 167694 РФ, МПК А01С 7/04 (2006.01) / Б. Х. Ахалая, Ю. Х. Шогенов, Ю. Х. Уянаев, А. К. Солдаткин, С. В. Грызунов; заявитель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2016120287; заявл. 25.05.2016 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2017. – № 1.
3. Ахалая, Б. Х. Особенности совмещения посевов двух культур / Б. Х. Ахалая // Сб. науч. тр. – М.: ВИМ, 2004. – Т. 151. – С. 113–119.
4. Мерзляков, А. А. Оценки рационального количества термоподвесок при силосном хранении зернопродуктов / А. А. Мерзляков, О. А. Сизов, П. М. Пугачев // Экология и сельхозтехника: Сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. II Т. – СПб., 2009. – С. 260–265.
5. Ахалая, Б. Х. Совершенствование процесса точного высева семян пневматической сеялкой / Б. Х. Ахалая, И. А. Пехальский, А. Х. Текушев, М. И. Сулейманов // Система технологий и машин для инновационного развития АПК: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2013. – С. 318–319.
6. Ахалая, Б. Х. Агроэкологическая и энергетическая эффективность уплотненных посевов / Б. Х. Ахалая, А. П. Спиринов, О. А. Сизов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИЭСХ, 2012. – С. 78–82.
7. Ахалая, Б. Х. Бинарные посевы кормовых культур и их энергоэффективность / Б. Х. Ахалая, О. А. Сизов, М. И. Сулейманов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИЭСХ, 2014. – С. 192–194.

Б. Х. Ахалая, к. т. н., ст. н. сотр., **И. Г. Смирнов**, к. с.-х. н., уч. секретарь,
Т. В. Царькова, зав. сектором

*ФГБНУ «Федеральный научный агротехнический центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация
e-mail: boris.novikov2012@yandex.ru; vim@vim.ru*

САДОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Рассмотрен электрический садовый инструмент для снятия плодов различных размеров, позволяющий повысить производительность сбора с учетом удобства его использования и исключения повреждения руки рабочего, поддерживающей плод.

Ключевые слова: инструмент, нож, плод, двигатель.

B. H. Akhalaia, I. G. Smirnov, T. V. Tsarkova

*FSBSI «Federal scientific agrarian engineering center VIM», Moscow, Russian Federation
e-mail: boris.novikov2012@yandex.ru; vim@vim.ru*

GARDEN TOOL

Considered electric garden tool for removing fruit of different sizes, which allows to increase the collection efficiency taking into account the convenience of its use and eliminating damage to the hand work that supports the fruit.

Keywords: tool, knife, fruit, engine.

К уборке урожая фруктовых насаждений готовятся задолго до ее начала. От своевременного и надежного проведения уборочных работ зависят качество и сохранность продукции, а также состояние насаждений. Важно для каждой породы и сорта установить сроки уборки плодов.

Уборка плодов, к примеру, яблони и груши имеет свои особенности и требует определенных знаний и практического опыта. Дело в том, что плоды этих пород обладают съемной и потребительской зрелостью. Их уборку надо производить в фазу съемной зрелости, которая характеризуется определенными внешними показателями и химическим составом.

В период зрелости плоды полностью сформированы, накопили достаточное количество сухих веществ, приобрели типичную для сорта окраску, легко отделяются от плодовой сумки (место прикрепления плодоножки). Они пригодны для реализации, технической переработки и длительного хранения, но полностью не приобрели потребительских качеств.

Потребительские качества у летних сортов яблони и груши наступают через несколько дней после съема, то есть съемная и потребительская зрелость практически совпадают, поэтому плоды этого срока созревания имеют очень ограниченный срок хранения в обычных нерегулируемых условиях. Срок хранения длится от недели до месяца.

Потребительская зрелость плодов у сортов осеннего и зимнего сроков созревания наступает через один-пять месяцев после их съема. На созревание плодов влияние оказывают погодные условия, возрастные и сортовые особенности. Передержка плодов на дереве приводит к их осыпанию и отрицательно сказывается на растении, рано убранные плоды имеют невысокое качество и увядают при хранении. Поэтому надо правильно определить оптимальный срок съема плодов.

Устанавливают срок съема плодов с учетом сортовых особенностей, в пределах каждой группы сортов. Уборку производят в сжатые сроки, не допуская передержки плодов на дереве, приводящей к осыпанию и потере продукции. Летние сорта убирают за неделю, зимние – не более чем за 15 дней с момента наступления съемной зрелости.

В различных условиях выращивания фруктовых применяют различные способы уборки: ручную, с различными устройствами для снятия плодов и комбайновую. Там, где нет условий

или возможности применения комбайнового сбора, применяют различные ручные приспособления. Для всех плодосъемников основные требования – не повреждать плоды и не травмировать руки сборщика плодов, а также удобство в эксплуатации и производительность.

Исходя из вышеизложенного была поставлена цель создания устройств для уборки плодов фруктовых насаждений. В ВИМе разработана серия плодосъемников, один их которых приводится в настоящей работе [1]. Все разработки защищены патентами на изобретение.

Основными достоинствами разработки стали высокая производительность устройства, легкость в работе и универсальность, достигаемые посредством того, что садовый инструмент, включающий рукоятку и закрепленный на ней нож, снабжен мини-мотор-редуктором с блоком питания, размещенным в корпусе ножа, выполненном в виде противорежущего лезвия, нож изготовлен в виде двух соосно размещенных цилиндрических лезвий с эллипсоидными вырезами в верхней части и вырезами на режущей и противорежущей кромках, выполненных в носовой части ножа, при этом соотношение диаметра выреза его к глубине определены условием 2:5 при постоянном угле раствора в 30° , при этом эллипсоидные вырезы расположены под углом 20° к оси ножа, а режущее лезвие установлено на валу мотор-редуктора. Кроме того, рукоятка ножа выполнена полой с возможностью размещения в ней запасных элементов питания и резьбовой крышкой на конце.

Электрический плодосъемник состоит из мини-мотор-редуктора 1 с блоком питания 2, двух соосно размещенных режущего 3 и противорежущего 4 цилиндрических лезвий с эллипсоидными вырезами 5 и вырезами на режущей 6 и противорежущей 7 кромках, вала 8 мотор-редуктора 1 (рисунок 1).

Кроме того, рукоятка 9 ножа выполнена полой с возможностью размещения в ней запасных элементов питания и резьбовой крышкой 10 на конце, на корпусе ножа 3 установлен выключатель 11 мотор-редуктора 1.

Во время работы рабочий, держа в одной руке плод, во второй – рукоятку 9, подносит нож к плодоножке так, чтобы плодоножка разместилась в вырезе кромок 6 и 7 лезвий ножа, после чего рабочий выключателем 10 запускает мини-мотор-редуктор 1, и режущая кромка лезвия 5, срезая плодоножку, делает один полный оборот и становится в исходное положение.

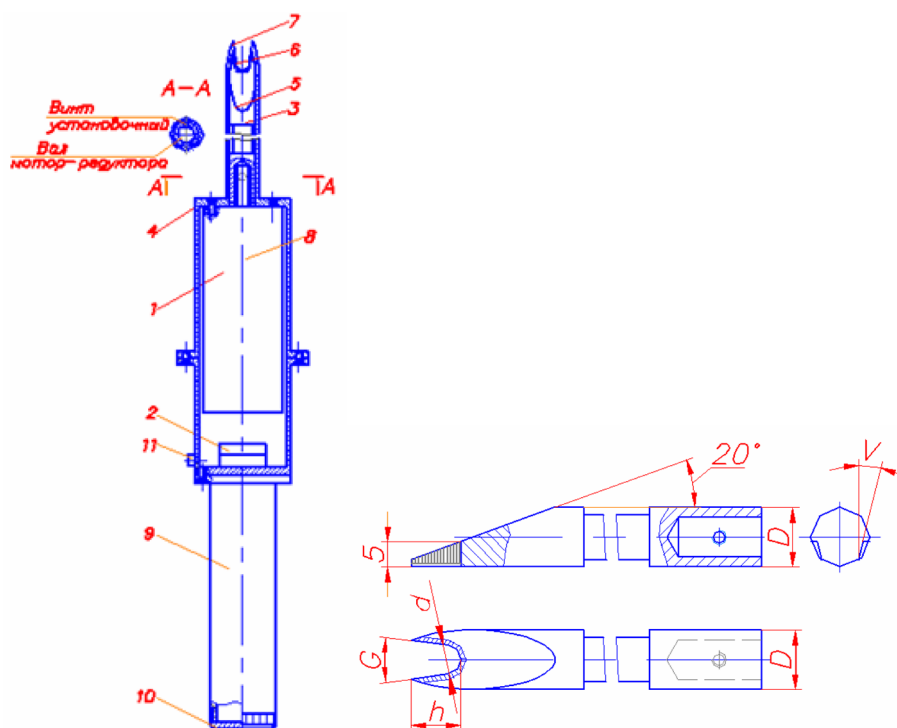


Рисунок 1. – Электрический плодосъемник

Должное внимание уделяется высеву в междурядьях плодового сада покровных культур для поддержания определенного режима почвы, для этой цели используются пневматические высевальные аппараты различной модификации, создаваемые в ВИМе [2–6].

Предлагаемый электрический плодосъемник универсальный, им можно убирать фруктовые плоды любых размеров, он очень полезен в уборке урожая винограда. На случай необходимости внутри цилиндрической рукоятки 9 ножа с резьбовой крышкой 10 на конце размещены запасные элементы питания.

Таким электрическим плодосъемником возможно не только убирать различные плоды, но при необходимости проводить обрезку ветвей небольшого диаметра.

Предложенный электрический плодосъемник удобен в эксплуатации и обеспечивает повышение производительности до 20 %.

Литература

1. Садовый инструмент: пат. 165816 РФ, МПК А01D 46/253 (2006.01) / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Б. Х. Ахалая, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов; заявитель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2016115571/13; заявл. 21.04.2016; опубл. 10.11.2016 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2016. – № 31.
2. Сизов, О. А. Бинарные посевы кормовых культур и их энергоэффективность / О. А. Сизов, Б. Х. Ахалая, М. И. Сулейманов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИЭСХ, 2014. – С. 192–194.
3. Ахалая, Б. Х. Технологические возможности и технические решения производства экологически чистых и сбалансированных кормов / Б. Х. Ахалая // Сб. науч. тр. – М.: ВИМ, 2002. – Т. 142, ч. 1. – С. 89–94.
4. Ахалая, Б. Х. Сеялка для совмещенного посева / Б. Х. Ахалая // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – № 4. – С. 10–12.
5. Ахалая, Б. Х. Совершенствование технологии заготовки качественных кормов / Б. Х. Ахалая // Научно-технический прогресс в животноводстве: сб. науч. тр. 12-й Междунар. науч.-практ. конф. – Подольск, 2009. – С. 118–122.
6. Ахалая, Б. Х. Особенности совмещения посевов двух культур / Б. Х. Ахалая // Сб. науч. тр. – М.: ВИМ, 2004. – Т. 151. – С. 113–119.

УДК 631.365

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

А. Н. Перекопский, к. т. н., доц.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства» (ИАЭП),
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: aperekopskii@mail.ru*

ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СУШКИ ВЫСОКОВЛАЖНОГО ЗЕРНА НА КАРУСЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ

Представлено изучение динамики сушки зерна в карусельной сушилке от его первоначальной влажности. Показано, что начальная влажность и режим сушки зерна оказывают влияние на производительность и расход энергии.

Ключевые слова: зерно, семена, влажность, сушка, карусельная сушилка.

A. N. Perekopskiy

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production, St. Petersburg, Russian Federation
e-mail: aperekopskii@mail.ru*

PROCESS PARAMETERS OF HIGH MOISTURE GRAIN DRYING ON CAROUSEL DRYER

Presented the study of the dynamics of grain drying in the rotary dryer from the initial moisture content. It was shown that initial moisture and mode of drying have an impact on performance and energy consumption.

Keywords: grain, seeds, moisture, drying, carousel dryer.

Зерно высокой влажности, предназначенное для семенных целей, в Северо-Западном регионе России невозможно сохранить без искусственной сушки. Вопросы исследования режимов сушки зерна высокой влажности имеют актуальное значение [1, 2]. В связи с этим нами была поставлена цель исследовать процесс сушки семенного зерна в толстом слое на карусельной сушилке.

Задачей исследований являлось изучение динамики продолжительности сушки зерна в экспериментальной сушилке карусельного типа в зависимости от толщины слоя зерна и его первоначальной влажности.

Программой исследований предусматривалось проведение экспериментов при наступлении полной спелости зерна пшеницы по общим и частным методикам [3, 4]. Исследования проводились на экспериментальной технологической линии послеуборочной обработки зерновых культур на базе Меньковской опытной станции Ленинградской области.

Экспериментальная технологическая линия состоит из отделений приема, предварительной очистки, сушки и сортировки [5, 6]. Технологический процесс обработки зерна протекает следующим образом. Привезенный от комбайнов зерновой ворох взвешивается на весах электронного типа, а затем разгружается в завальную яму. Из завальной ямы с помощью скребкового транспортера зерно поступает в машину предварительной очистки ОВС-25. После предварительной очистки зерно при помощи нории НСЗ-10 поступает в один из бункеров БВ-25. Бункеры используются для накопления и временного хранения в них зерна до сушки. В бункерах зерно вентилируется атмосферным воздухом с помощью центробежных вентиляторов.

Из бункеров зерно через их выгрузные шнеки с помощью нории НСЗ-10 подается в загрузочное устройство экспериментальной карусельной сушилки для последующей сушки. Высохшее до кондиционной влажности зерно норией НСЗ-10 подается в бункер БВ-25 для «отлежки» и накопления в целях планомерной загрузки семяочистительных машин. Из бункера БВ-25 зерно поступает в приемный ковш нории НСЗ-10 и затем по материалопроводу – в семяочистительную воздушно-решетную машину К-531, затем – в К-531А. Очищенные кондиционные семена затариваются в мешки и после взвешивания направляются на хранение.

Экспериментальная сушильная установка (рисунок 1) представляет собой вращающуюся платформу (карусель), на которую сверху через загрузочное устройство поступает влажное зерно заданной высоты слоя, в нижней части слоя зерна при помощи шнекового выгрузного устройства осуществляется выемка нижнего, высохшего слоя. Карусель вращается за счет привода. Подогретый воздух от теплогенератора с помощью вентилятора через воздуховод подается в сушилку. Подача воздуха регулируется заслонкой на воздуховоде. Необходимая температура в теплогенераторе поддерживается за счет автоматической горелки. Управление сушилкой осуществляется с помощью блока управления.

Методы отбора проб зерна и определения его влажности представлены в ГОСТ 13586.3–83 и ГОСТ 13586.5–93. Выемка зерна до сушки для определения его влажности прибором Wile-55

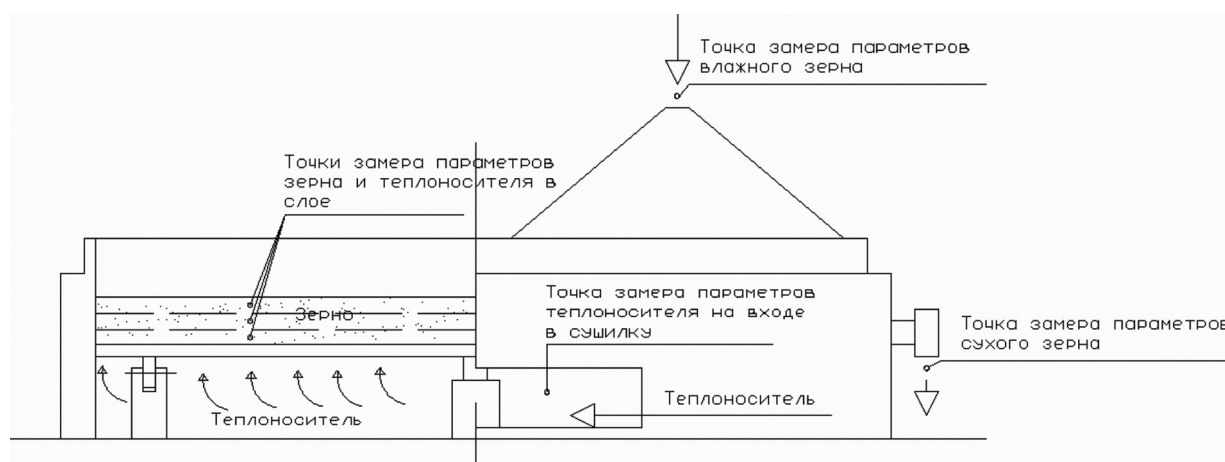


Рисунок 1. – Схема экспериментальной установки для сушки зерна (вид сбоку)

осуществляется из падающей струи загрузочного устройства экспериментальной сушильной установки. Выемка зерна после сушки производится из падающей струи выгрузного устройства экспериментальной сушильной установки.

В слое зерна и на выходе из слоя зерна температура и влажность теплоносителя измеряются термоанемометром ТКА-ПКМ (модель 60) с закрытым сеткой измерительным прибором.

Производительность сушилки определяется по весу отсечек высушенного зерна за определенный промежуток времени. Число отсечек за опыт должно быть не менее пяти. Забор высушенного зерна производится из выгрузного устройства сушилки. В течение отсечки зерно отводится в специальную тару, взвешивается на весах ВСП4-1500П. Время отсечки замеряется секундомером СОСпр-26-2-000.

Для получения зависимости продолжительности сушки от средней температуры теплоносителя исследования проводились на пшенице Ленинградская-97 слоем толщиной до 0,45 м. Слой был условно разделен на три зоны, каждая из которых имела толщину 0,15 м: зона А – толщина слоя от 0 до 0,15 м; зона В – толщина слоя от 0,15 до 0,3 м; зона С – толщина слоя от 0,3 до 0,45 м. Были проведены опыты при сушке зерна пшеницы на фуражные и семенные цели.

Для оценки процесса сушки зерновых культур на карусельной сушилке проведены опыты, устанавливающие влияние трех основных факторов: температуры теплоносителя в воздуховоде; скорости теплоносителя; толщины слоя. Предельные значения этих факторов установили в результате проведения предварительных опытов и анализа литературных источников [7, 8, 9].

Экспериментальные исследования процесса сушки толстого слоя зерна показали, что температура теплоносителя по мере прохождения его через слой снижается. Следовательно, при этом снижается температура высушиваемого зерна (рисунок 2). При проведении опытов в каждую из трех зон закладывались термометры, при помощи которых определялось изменение температуры теплоносителя в слое зерна в данной зоне.

Проведенные исследования свидетельствуют, что каждый отдельный слой сохнет с различной скоростью. Через 30 минут после начала сушки температура зерна в зоне А при установившейся температуре теплоносителя ниже ее на 10–15 °С. Температура в зоне В составляет 38 °С. Это благоприятно влияет на последующую сушку данной зоны при выгрузке из сушилки нижнего слоя толщиной 0,15 м. Зерна в данной зоне выравниваются по влажности и подгреваются, что способствует более быстрому удалению влаги из зерновок. Температура зерна в зоне С через 60 минут сушки в 2 раза ниже температуры теплоносителя и составляет 31 °С.

Скорость испарения влаги из зерна каждой зоны различная, причем чем выше расположена зона по направлению движения теплоносителя, тем медленнее сохнет зерно (рисунок 3).

Процесс сушки верхних слоев зерна можно разделить на два периода. В первый период верхние слои зерна переувлажняются, во второй период влажность зерна вновь снижается. При слое

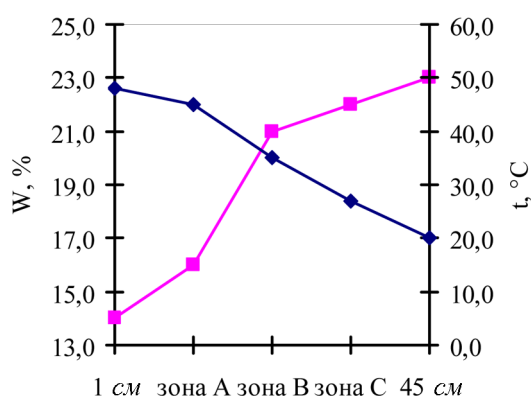


Рисунок 2. – Изменение влажности (W , ■) и температуры (t , ♦) семян пшеницы по высоте слоя (время сушки $T = 110$ мин) (параметры опыта: начальная температура зерна – 15,4 °С, начальная влажность зерна – 20,3 %, температура теплоносителя – 65 °С)

больше оптимального верхняя часть этого слоя не сохнет, а увлажняется. Это происходит в том случае, когда температура зерна ниже температуры адиабатического насыщения воздуха, соответствующей концу процесса сушки. Из рисунка 3 видно, что в зоне В и С зерно переувлажняется и достигает влажности выше первоначальной на 2 и 5 % соответственно. Зерно достигает своей первоначальной влажности и начинает сохнуть в зоне В через 30 минут, а в зоне С через 60 минут после начала опыта. За 60 мин сушки влажность зерна в зоне В снизилась на 2 % по сравнению с первоначальной влажностью 28 %.

Количественную зависимость между временем сушки T и влажностью W в данный момент времени в зоне А (ф. 1), В (ф. 2), С (ф. 3) аппроксимировали полиномом второго порядка:

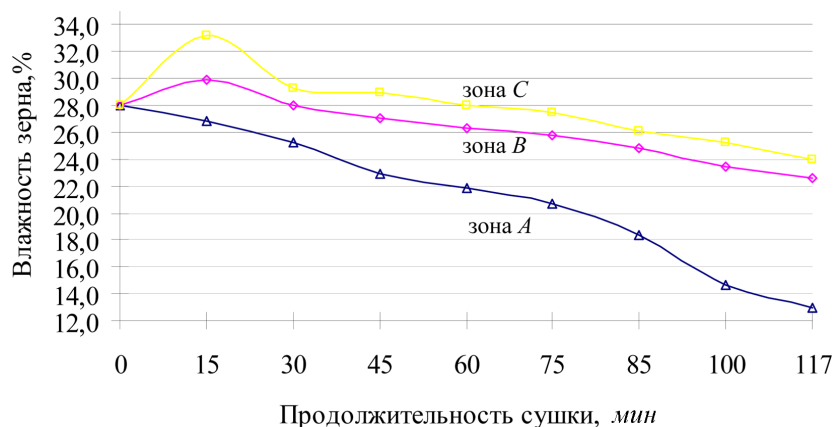


Рисунок 3. – Изменение влажности зерна по зонам в течение опыта при начальной влажности 28 %

$$W = 20,692 - 0,019T - 0,00014T^2, (R^2 = 98,2 \ %); \quad (1)$$

$$W = 20,448 + 0,031T - 0,00032T^2, (R^2 = 97,9 \ %); \quad (2)$$

$$W = 20,440 - 0,04T - 0,0003T^2, (R^2 = 96,7 \ %); \quad (3)$$

где W – влажность зерна, %; T – продолжительность сушки, мин.

Опыты показывают нецелесообразность сушки толстого слоя толщиной 0,45 м (зона С). При первоначальной влажности зерна 28 % через 117 минут слой 0,15 м (зона А) снизил свою влажность на 15 %, слой 30 см – на 5 %, слой 0,45 м – на 4 %. Даже при постоянных параметрах теплоносителя с изменением влажности зерна изменяется оптимальная толщина высушиваемого слоя зерна [8, 9]. Расчет толщины слоя следует вести для различной степени влажности зерна отдельно, так как при оптимальной толщине слоя обеспечивается такая производительность сушилки в начальный неустановившийся период, при которой тепло на испарение влаги расходуется наиболее экономично. Если слой зерна в сушилке выше оптимального, то испаряется меньше влаги с рабочей поверхности сушилки за единицу времени, следовательно, производительность сушилки уменьшается. При толщине слоя меньше оптимального производительность сушилки повышается, но при этом тепла на испарение влаги расходуется значительно больше в начальный неустановившийся период.

Анализ полученных результатов показывает, что начальная влажность и режим сушки зерна оказывают значительное влияние на производительность и затраты на сушку (рисунок 4), а также на удельный расход энергии.

Так, при первоначальной влажности зерна 22 % производительность на семенном режиме снижается в 2,1 раза, а затраты на 1 тонну возрастают в 1,3 раза по сравнению с режимом сушки зерна на фураж.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что при сушке зерна в слое необходимо, чтобы толщина его была оптимальной, соответствующей параметрам теплоносителя и влажности зерна. Предельно допустимым слоем зерна необходимо считать такой слой, при выходе из которого теплоноситель полностью насытится влагой. При сушке в более тонком слое, наряду с сокращением продолжительности сушки, снижается степень использования теплоносителя.

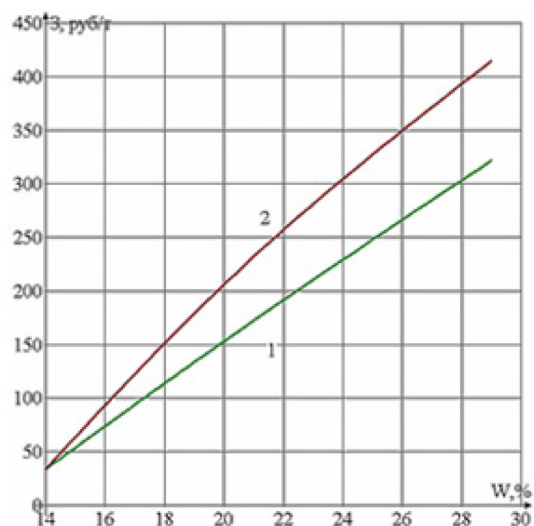


Рисунок 4. – Затраты на сушку в зависимости от первоначальной влажности (1 – продовольственный режим; 2 – семенной режим)

Литература

1. Перекопский, А. Н. Развитие механизации послеуборочной обработки зерна в Северо-Западном регионе России / А. Н. Перекопский, В. М. Могильницкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 3. – С. 7–9.
2. Попов, В. Заготовка высоковлажного зерна / В. Попов, А. Перекопский, Л. Баранов // Комбикорма. – 2005. – № 3. – С. 37–38.
3. Перекопский, А. Н. Управление процессом сушки на карусельной сушилке / А. Н. Перекопский // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2015. – Т. 1. – С. 168–173.
4. Perekopskiy, A. Analysis of factors affecting the high-moisture grain drying on a rotary dryer / A. Perekopskiy, S. Chugunov, M. Kuzovnikov // Environmentally friendly agriculture and forestry for future generations: Proceedings of International Scientific XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference, 26–28 May, 2015, Saint Petersburg, Russia: SPbSAU. – P. 234–236.
5. Новиков, М. А. Формирование технологических схем послеуборочной обработки зерна / М. А. Новиков, Л. И. Ерошенко // Технологии и средства механизации сельского хозяйства: сб. науч. тр. – СПб.: СПГАУ, 2005. – С. 75–78.
6. Эрк, А. Ф. Математическая модель процесса сушки зерна на карусельной сушилке / А. Ф. Эрк, А. Н. Перекопский // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 90. – С. 78–83.
7. Перекопский, А. Н. Процесс сушки высоковлажных семян в толстом слое / А. Н. Перекопский, М. М. Кузовников, С. В. Чугунов // Известия СПГАУ. – СПб.: СПГАУ, 2010. – № 18. – С. 242–246.
8. Перекопский, А. Н. Управление сушилкой высоковлажного зерна / А. Н. Перекопский, С. В. Чугунов // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: ч. 1. – М.: ФБГНУ ВИМ, 2015. – С. 363–366.
9. Карусельная сушилка: пат. 2456518 РФ, МПК F26B15/04 (2006.01) / А. Н. Перекопский, М. М. Кузовников, С. В. Чугунов, Ю.И. Боярчук; заявитель ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – № 2010151245/06; заявл. 13.12.2010; опубл. 20.07.2012 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – № 20.

УДК 631.171

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

А. А. Завражнов¹, к. т. н., доц., **А. И. Завражнов²**, д. т. н., проф., академик РАН,
В. Ю. Ланцев², д. т. н., доц.

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина»,
г. Мичуринск, Тамбовская обл., Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,
г. Мичуринск, Тамбовская обл., Российская Федерация
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

СОСТОЯНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИТОМНИКОВОДСТВА

Для производства посадочного материала в необходимых объемах авторами определены научные принципы формирования машинных технологий и разработана процедура создания технических средств для питомниководства.

Ключевые слова: агротехнология, система машин, технологизация, индустриальное садоводство и питомниководство, информационные технологии.

A. A. Zavrazhnov¹, **A. I. Zavrazhnov²**, **V. Y. Lantsev²**

¹ Federal state budget Scientific Institution «Federal scientific center of I. V. Michurin»,
Michurinsk, Tambov region, Russian Federation

² Federal state budget educational institution of higher education «Michurinsk state agrarian university»,
Michurinsk, Tambov region, Russian Federation
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

CONDITION OF THE NURSERY ENGINEERING SUPPLEMENT

Authors have defined the scientific principles of machine technology formation and developed a procedure to create technical tools for the nursery for the production of planting material in the required volumes.

Keywords: agricultural technologies, machinery system, technologization, industrial gardening and nursery, informational technologies.

Основным условием современного развития промышленного садоводства является требование увеличения закладки интенсивных садовых насаждений и, как следствие, обеспечение стабильного производства качественного посадочного материала в необходимых объемах.

Данные требования закреплены Федеральным законом «О развитии сельского хозяйства» (№ 264-ФЗ от 29.12.2006 г.), Государственными программами развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на периоды 2008–2012 гг. (постановление Правительства РФ за № 446 от 14.07.2007 г.) и 2013–2020 гг. (постановление Правительства РФ за № 717 от 14.07.2012 г.), Указом Президента РФ «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» (Указ Президента № 350 от 21.07.2016 г.) и Стратегией научно-технологического развития России (Указ Президента № 642 от 01.12.2016 г.).

Заявленные объемы и емкость рынка, а также стратегия обеспечения импортнезависимости подразумевают создание отечественной индустрии производства посадочного материала, основанной на современных достижениях науки и практики.

Необходимость создания и становления отрасли производства посадочного материала как современной высокотехнологичной и наукоемкой индустрии также обусловлено широким внедрением в отечественное промышленное садоводство интенсивных схем производства, переводом питомниководства на безвирусную основу и введением системы сертификации посадочного материала по образцу передовых европейских стран.

Одним из важных аспектов успешной реализации задач развития отрасли является технико-техническое обеспечение системы производства посадочного материала.

Цель исследований: разработка научных основ реализации инновационных машинных технологий производства посадочного материала плодовых и ягодных культур, включающих в себя передовые научно-технические достижения мировой и отечественной науки и практики.

Результаты и обсуждение

Исходя из утверждения, что технологизация является обязательным атрибутом любой современной индустрии, авторами определено, что процедура технологизации формирует инструментарий реализации агро- и биотехнологических процессов в промышленном садоводстве и питомниководстве.

На рисунке 1 представлены составляющие процедур технологизации применительно к агро- и биотехнологическим процессам в промышленном садоводстве и питомниководстве.



Рисунок 1. – Структурно-функциональная блок-схема процедур технологизации агробиологических процессов и формирования машинных технологий в промышленном садоводстве и питомниководстве

Из представленной блок-схемы видно, что конечной целью технологизации является научно-методическое обоснование разработки и изготовления машинных технологий, а также разработка способов и средств их успешного внедрения в систему промышленного садоводства и питомниководства.

Авторами работы расширено и сформулировано понятие технологизации для промышленного садоводства и питомниководства как *комплекс инженерных, информационных, интеллектуальных, организационных и бизнес-технологий* и возможностей в реализации агро- и биотехнологических процессов.

Анализ удельных трудоемкостей выполнения технологических процессов в питомниководстве, на основании данных ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» и ФГБНУ ВСТИСП, показал преобладание ручного труда практически на всех этапах производства посадочного материала (рисунк 2), что, по существу, является значительным резервом для повышения эффективности функционирования отрасли за счет внедрения современного технико-технологического и инженерного обеспечения.

Закладка маточников и питомников и их высокорентабельная эксплуатация невозможны без механизации технологических процессов и операций.

В то же время существующий отечественный парк машин и орудий не удовлетворяет имеющийся спрос и не учитывает технико-технологические требования современного промышленного питомниководства.

В настоящее время парк техники отечественного промышленного питомниководства представляет собой:

- серийные машины, произведенные на территории бывшего СССР и стран СНГ в период до 2000 г. в соответствии с Системами машин 1984–1995 и 1995–2000 гг.;
- машины, выпускаемые малыми партиями на специализированных предприятиях и опытных производствах профильных институтов. Наиболее известные из них: Инженерный центр ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», АНО «РНТЦ «ИнТех», ООО «НПП «ПитомникМаш» (г. Мичуринск); Опытный завод ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва); ООО «СелАгро», ООО «Стимул Брест» (Республика Беларусь) и др.;
- зарубежная техника, пользующаяся спросом у отечественных товаропроизводителей. Основными фирмами, активно позиционируемыми на отечественном рынке, являются: Calderoni,

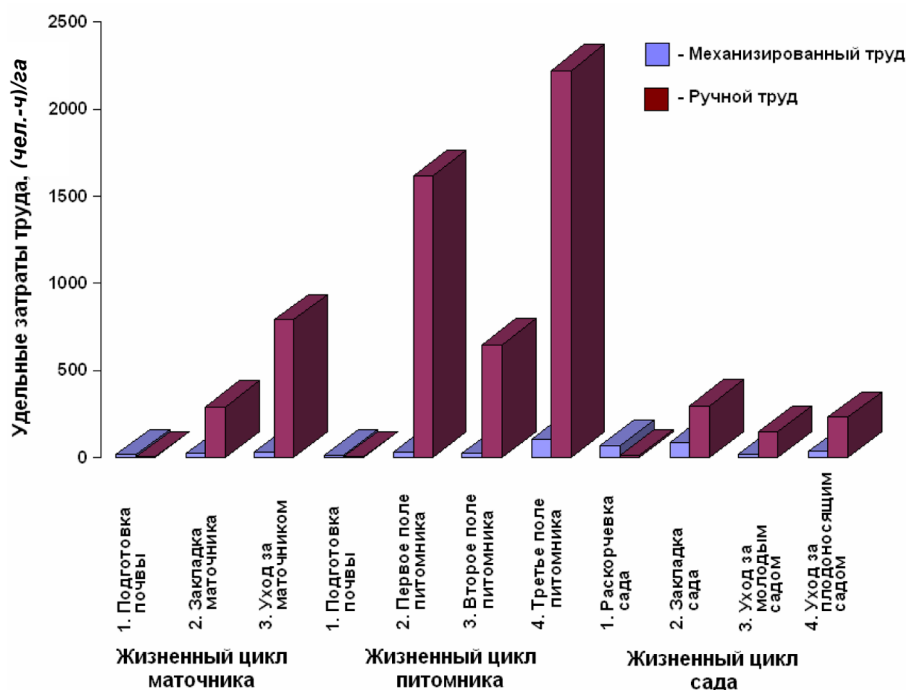


Рисунок 2. – Удельная трудоемкость в отечественном промышленном садоводстве и питомниководстве

Seppi, Faustini, Gramegna, Berti, Bargam, Mazzotti, Blossi, Cabe, Oliver (Италия), Ostraticky (Чехия), Joopas (Финляндия), Gregoire, Kuhn (Франция), Industrias David (Испания).

Каждая группа и категории машин занимают свою определенную нишу в сфере механизации технологических процессов и операций производства посадочного материала.

Авторами определены научные принципы формирования машинных технологий и разработана процедура создания технических средств для промышленного питомниководства, которые в кратком изложении трактуются следующими положениями:

1. Разнообразие почвенно-климатических условий и финансовые возможности хозяйств предполагают (при едином целеполагании) применение различных производственно-технологических схем производства посадочного материала.

2. Данный факт определяет политику технико-технологического обеспечения отрасли как формирование и внедрение цельных машинных технологий, а не отдельных машин и орудий, что, в свою очередь, предполагает отказ (при составлении исходных требований на разработку) от традиционных агротехнических требований (АТТ) и введение так называемых технико-технологических требований (ТТТ).

3. В отличие от агротехнических требований (АТТ), которые разрабатываются на конкретную машину и/или группу машин, технико-технологические требования (ТТТ) разрабатываются на всю технологию и/или технологический процесс без конкретизации использования технических средств. Данный подход определяет техническую политику технологизации производственно-технологических процессов в промышленном питомниководстве.

4. В математическом выражении процесс формирования машинных технологий имеет следующую форму:

$$C = F(D_1, D_2, D_3),$$

где C – структура машинной технологии для конкретного производственно-технологического цикла; D_1 – технологические процессы; D_2 – технологические операции; D_3 – технические приемы реализации технологических операций (тип машин и оборудования).

Реализация 3D-модели определяется процедурами морфологического анализа (по типу «морфологического ящика» Цвики).

5. Специфика отечественного и мирового промышленного питомниководства предполагает наличие большого разнообразия машин при их сравнительно ограниченном количестве. Вследствие этого авторами разработаны и реализованы научно-технические принципы регионального сельхозмашиностроения в формате Unit Production (единичное и мелкосерийное производство).

Данный подход позволяет организовать мелкосерийное производство широкой гаммы машин на одном предприятии-изготовителе в формате малого бизнеса.

6. Принципиальным отличием от традиционных подходов сельхозмашиностроения является внедрение в систему производства техники для промышленного садоводства и питомниководства высокотехнологичных технологий проектирования: цифрового 3D-прототипирования и блочно-модульного принципа формирования техники. В процессе разработки системы производства техники авторами адаптированы и внедрены программы и технологии наукоемких индустрий машиностроения.

Выводы

Современное садоводство является сверхсложной системой, включающей различные составляющие (техническую, технологическую, производственную, организационную, социальную и др.), что, в свою очередь, требует научно-методического обоснования разработки машинных технологий, а также разработки способов и средств их успешного внедрения в систему промышленного садоводства и питомниководства.

Для выделения основных направлений инженерного обеспечения промышленного садоводства авторами определены научные принципы формирования машинных технологий и разработана процедура создания технических средств для питомниководства.

Литература

1. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на 2020 г. / Ю. Ф. Лачуга [и др.]; РАСХН, Минсельхоз РФ, Минпромторг РФ. – М.: Росинформагротех, 2009.
2. Zavrazhnov, A. I. Modern industrial horticulture as the managed information and technological system / A. I. Zavrazhnov, A. A. Zavrazhnov, V. Y. Lantsev, Y. V. Trunov // Ecology, Environment and Conservation. – Vol. 22. Dec. 2016 Suppl. Issue. – Pp. 173–177.
3. Завражнов, А. И. Реализация инженерного обеспечения отечественного промышленного садоводства в формате Unit production и международных стандартов ISO / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 3. – С. 77–80.
4. Завражнов, А. И. Система стандартов ISO в мелкосерийном производстве садовой техники / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов // Задачи МИС Минсельхоза России в технической и технологической модернизации сельскохозяйственного производства. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2012. – С. 102–108.
5. Завражнов, А. А. Синергетические принципы построения машинных технологий для интенсивного садоводства / А. А. Завражнов // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы V международной научно-практической конференции. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011 – С. 358–370.
6. Мюррей, Д. Перспективы качества / Д. Мюррей // Ж. Европейское качество. Деловое совершенство. Дайджест. – 2005. – № 2.
7. Rumane, A. R. Quality Management in Construction Projects / A. R. Rumane. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011. – 448 pp.

УДК 631.3:634.1

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

В. Ю. Ланцев², д. т. н., доц., **А. А. Завражнов¹**, к. т. н., доц.,
А. И. Завражнов², д. т. н., проф., академик РАН, **А. С. Ибраев²**, аспирант

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина»,
г. Мичуринск, Тамбовская обл., Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»,
г. Мичуринск, Тамбовская обл., Российская Федерация
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ УЧАСТКА ПОД ЗАКЛАДКУ МАТОЧНИКА И ПИТОМНИКА

В статье представлены технология и технические средства для подготовки участка под закладку маточника с восстановлением плодородия почвы за счет использования древесно-растительных отходов.

Ключевые слова: садоводство, питомниководство, технология, подготовка участка, восстановление плодородия почвы, технические средства.

V. Y. Lantsev², A. A. Zavrazhnov¹, A. I. Zavrazhnov², A. S. Ibraev²

¹Federal state budget Scientific Institution

«Federal scientific center of I. V. Michurin», Michurinsk, Tambov region, Russian Federation

²Federal state budget educational institution of higher education «Michurinsk state agrarian university», Michurinsk, Tambov region, Russian Federation
e-mail: Noc-inteh@yandex.ru

TECHNICAL TOOLS FOR LAND PREPARATION FOR LAYING OF A QUEEN CELL AND NURSERY

The article presents the technology and technical tools to prepare the site for laying of a queen cell with restoration of soil fertility through the use of tree-plant waste.

Keywords: gardening, nursery technology, land preparation, restoration of soil fertility, technical tools.

Одним из условий эффективной работы питомника является выбор участка. На сегодняшний день в хозяйствах свободных окультуренных сельскохозяйственных земель нет. Поэтому на первом этапе подготовки участка под закладку питомника стоит вопрос о расчистке от кустарника

и мелколесья, а также особое внимание уделяется биотехнологиям восстановления и повышения плодородия почвы. Основным способом здесь является внесение органических удобрений (по существующим нормативам – 60 тонн навоза на гектар и выше). В настоящее время в связи с сокращением числа животноводческих ферм возникает проблема обеспечения требуемым количеством навоза.

Основным резервом получения органических удобрений является производство компоста из отходов расчистки участка от поросли.

Цель исследований – снизить затраты на дополнительное внесение органического удобрения при подготовке участка под закладку питомника, заросшего кустарником и мелколесьем, за счет растительных остатков.

Результаты и обсуждение

Использование компоста из древесно-растительных отходов является основным аспектом повышения плодородия почвы и трактуется как органическое земледелие. Органическое земледелие лежит в основе экологизации всех отраслей мирового сельского хозяйства [1, 2].

В связи с этим наиболее перспективной является технология органического земледелия с ресурсосберегающим методом восстановления и повышения плодородия почвы, т. е. образование естественных питательных резервов из отходов расчистки участка от поросли путем измельчения древесной массы и внесения ее в почву.

Накоплен значительный опыт утилизации древесно-растительных отходов за рубежом и в нашей стране [1, 3, 4]. Способы утилизации древесных отходов многообразны: непосредственное внесение их в почву, переработка с использованием химических реагентов или с применением биологических методов. Однако наиболее распространенным и рациональным способом переработки отходов растительного происхождения на удобрения остается их компостирование в естественных полевых условиях либо в специальных промышленных установках. Основанный на вековом сельскохозяйственном опыте при сравнительно малых капитальных затратах, такой способ имеет существенные преимущества перед другими методами утилизации древесных отходов как в энергетических затратах, так и в качестве получаемых органических удобрений.

В настоящее время наибольшее распространение получила технология равномерного распределения (распыление, разбрасывание, заделка, запашка и т. д.) органики и биостимуляторов в почве (как происходит в настоящее время), это приводит к повышению энтропии растительно-микробных (почвенных) ценозов, что снижает их жизнеспособность. Равномерное распределение органики и микробных стимуляторов не может обеспечить нужной концентрации составляющих для начала активного процесса разложения и образования стабильных почвенных ценозов.

Авторами разработаны и обоснованы принципиально новые научные подходы (с использованием математического аппарата синергетики) биотехнологического восстановления плодородия почв [5, 6] (рисунок 1):

1. В природе развитие почвенных ценозов происходит по принципу «очаговости», что подтверждается синергетической моделью эволюции жизни (стремление к самоорганизации любой биологической, даже хаотически сформированной, системы – т. е. биологическая система сама снижает свою энтропию и тем самым становится более жизнеспособной).

2. Очаговый принцип формирования почвенных ценозов, кроме синергетических законов эволюции, также определяется и физическими эффек-

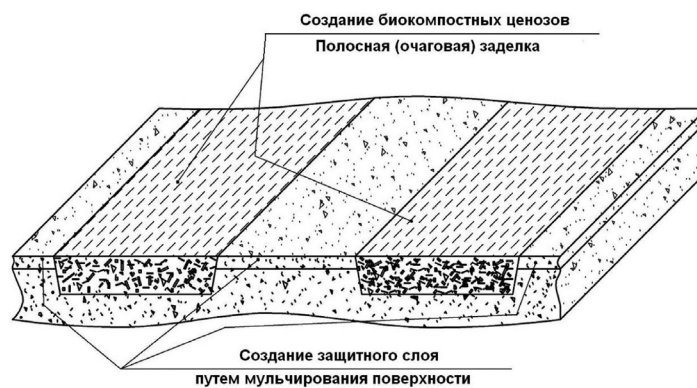


Рисунок 1. – Принцип очагового разложения древесно-растительных остатков

тами, а именно «граничными». В земледелии этот эффект обозначен как «кромочный». Данный эффект резко повышает продуктивность функционирования в области границы между двумя различными средами, популяциями, сообществами, ценозами.

3. Кромочный эффект имеет фрактальный характер распределения и проявляется как между составляющими внутри почвенного ценоза, так и на его границах.

На практике представленные подходы реализуются следующим образом.

Древесно-растительные отходы насаждений не сжигаются, как принято, а измельчаются и заделываются почву. В отличие от принятой технологии «органического земледелия», заделка должна проводиться не по всей обрабатываемой поверхности, а локально, чтобы создать такую концентрацию органики в почве, при которой процессы разложения происходят наиболее интенсивно. Если через определенное время создать аналогичные зоны заделки в других местах, то в результате на обрабатываемом участке создаются несколько зон (очагов) почвенных ценозов различной природы и зрелости (спелости) (рисунок 1). Это в конечном итоге спровоцирует их интенсивное взаимодействие между собой и вследствие этого – продуктивное развитие, что значительно ускорит гумификацию почвы на всем обрабатываемом участке.

Для реализации технологии авторским коллективом разработаны: косилка-измельчитель ИКС-1,5, машина органического земледелия МОЗ-2 и рыхлитель-вычесыватель РВ [7], новизна которых подтверждена патентами на изобретение и полезную модель № 2419268, № 2188524, № 98326.

Для выполнения технологической операции по скашиванию и предварительному измельчению кустарника и мелколесья разработана универсальная косилка-измельчитель трав, сидератов и кустарников ИКС-1,5 (рисунок 2).

Машина может применяться на технологических операциях:

- скашивания и измельчения травы и сидератов в залуженных междурядьях сада;
- скашивания и измельчения кустарников ягодных культур.

Косилка может работать во всех зонах в любое время года. Допускается применение косилки на участках, засоренных мелкими (в диаметре не более 100 мм) посторонними предметами (каменьями, стеклом, металлом и пр.).

В результате проведенных исследований и концептуального моделирования был разработан рыхлитель-вычесыватель РВ для глубокого безотвального рыхления почвы и вычесывания древесных остатков на поверхность (рисунок 3).

Применение данного агрегата позволяет проводить операцию глубокого рыхления почвы без оборота пласта с одновременным вычесыванием корневищ и древесных остатков. При этом происходит:

- разуплотнение нижних слоев почвы и ее рыхление с одновременным извлечением древесно-растительных остатков на поверхность;
- сохранение целостности структуры почвы и баланса аэробных и анаэробных микроорганизмов;



Рисунок 2. – Косилка-измельчитель ИКС-1,5



Рисунок 3. – Рыхлитель-вычесыватель РВ

– улучшается водно-воздушный режим за счет качественного разрыхления почвы.

Машина органического земледелия МОЗ-2 обеспечивает измельчение древесно-растительных остатков и заделку их в почву полосным методом (рисунок 4). Она состоит из разнотипных роторов: измельчителя и рыхлителя; основного редуктора с ведущим валом, бортовых редукторов, распоров регуляторов, навесного устройства, которое крепится к боковым приводам, осуществляющим функцию несущей рамы фрезы.

В ходе производственной проверки было установлено следующее:

- степень измельчения растительных остатков до технологического размера – 82 %;
- степень заделки щепы в почву – 91 %;
- наблюдается незначительное количество растительных остатков на поверхности почвы.



Рисунок 5. – Машина органического земледелия МОЗ-2

Выводы

Таким образом, использование технологии измельчения растительных остатков и образования полос разложения биомассы будет способствовать повышению плодородия почвы, а представленный комплекс машин – снижению трудоемкости технологического процесса.

Литература

1. Гамзиков, Г. П. . Изучение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Г. П. Гамзиков, М. Н. Кулагина. – М., 1992. – 48 с.
2. Кант, Г. Зеленое удобрение / Г. Кант; пер. с немецкого Б. Д. Кирюшина. – М.: Колос, 1982 – 128 с.
3. Коренное улучшение заустаренных земель / И. А. Гинтов [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 167 с.
4. Преображенский, К. Н. Биологическая утилизация древесины на мелиорируемых землях / К. Н. Преображенский. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 186 с.
5. Завражнов, А. А. Биотехнические системы восстановления плодородия почвы / А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Материалы 5-й междунар. науч.-практ. конф. «Экология и сельскохозяйственная техника». – СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2007. – Т. 2 – С. 62–65.
6. Завражнов, А. А. Синергетические принципы органического земледелия А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Материалы Четвертого Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». – М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007. – С. 288.
7. Ланцев, В. Ю. Утилизация плодовых насаждений в системе интенсивного садоводства / В. Ю. Ланцев, А. А. Завражнов // Современные системы производства, хранения и переработки высококачественных плодов и ягод: материалы науч.-практ. конф., г. Мичуринск, 4–5 сентября 2010 г. – Мичуринск, 2010. – С. 191–193.

В. И. Панасюк, вед. инж., **В. И. Пятаченко**, инж.

*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
Национальной академии аграрных наук Украины (ННЦ «ИМЭСХ»),
п. г. т. Глеваха, Киевская обл., Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСАЖДАЮЩЕГО ПОТОКА ВОЗДУХА НА ДИСПЕРСНОСТЬ РАСПЫЛА КАПЕЛЬ

Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса пневматического осаждения капель рабочей жидкости в опрыскивателях и обоснованы основные технологические параметры процесса осаждения капель рабочей жидкости воздушным потоком.

Предложены научная гипотеза и техническое решение для повышения степени осаждения капель рабочей жидкости, которые максимально будут учитывать преимущества известных способов пневматического осаждения капель и исключать недостатки каждого из них. Основная научная гипотеза заключается в том, чтобы воздушный поток увеличивал скорость капель и только частично – их транспортировку.

Ключевые слова: распыление, снос капель, боковой воздушный поток, осаждающий воздушный поток, дисперсность распыла, движение капель.

V. I. Panasyuk, V. I. Pyatachenko

*NSC «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»
National academy of agrarian Sciences of Ukraine (NSC «IAEE»), Glevakha, Kiev region, Ukraine*

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DETECTIVE AIR FLOW DISPERSION SPRAYED DROPS

Results theoretical and experimental researches of process of pneumatic sedimentation of drops of a working liquid in sprayers are state and the main technological parameters of the process sedimentation of droplets of working fluid by air flow are substantiated.

A scientific hypothesis and a technical solution are proposed for increasing the degree of deposition of droplets of working fluid, which will take into account the advantages of the known methods of pneumatic deposition of drops, and eliminate the drawbacks of each of them. The main scientific hypothesis is that the air flow increases the speed of the drops and only partially their transportation.

Keywords: spraying, drift of droplets, lateral air flow, air flow precipitating, dispersion of spray, droplet movement.

Постановка проблемы

Применение пестицидов в больших объемах приводит к значительным финансовым затратам, а также вызывает загрязнение окружающей среды, накопление токсичных веществ в растениях, их продуктах, почве, водоемах, животных, а отсюда – в человеке. Важным направлением исследований, нацеленных на уменьшение объемов применения пестицидов, является повышение эффективности и экологической безопасности их использования за счет улучшения показателей качества обработки сельскохозяйственных культур, в результате чего нормы расхода пестицидов могут быть уменьшены в несколько раз.

Известно, что с уменьшением размера капель повышается биологическое действие пестицидов, но при этом увеличивается снос препарата в атмосферу. Для разрешения этого противоречия разработаны и уже широко внедрены в производство принципиально новые пневмогидравлические распылители, позволившие в определенной степени решить вопрос повышения биологической эффективности капель большого диаметра за счет того, что эти капли частично наполняются воздухом и после оседания на поверхность растений лопаются. В результате из одной капли относительно большого размера образуется несколько капель значительно меньшего размера. Таким образом, опрыскивание выполняется крупными каплями, которые имеют высокую степень оседания, а растения обрабатываются высокоэффективными мелкими. Но в рабо-

те пневмогидравлических распылителей имеет место относительно высокая полидисперсность капель, что приводит к снижению биологической эффективности препарата за счет наличия в спектре распыла капель как относительно большого, так и малого размера.

Анализ последних исследований и публикаций

В последнее время ведущие фирмы начали производить опрыскиватели с пневматическим осаждением капель. В таких опрыскивателях по сравнению с обычными жидкость распыляется на более мелкие капли, которые осаждаются на растения воздушным потоком, образуемым осевым вентилятором. При этом улучшаются проникновение капель в растительный покров и равномерность обработки ими растений. По данным фирмы Hardi [1], нижняя часть листьев при этом обрабатывается в 2–5 раз больше, а снос препарата происходит до 90 % меньше по сравнению с обычным опрыскиванием. Это позволяет выполнять опрыскивание при скорости ветра до 9 м/с, в то время как обычное опрыскивание допускается выполнять при скорости ветра не выше 5 м/с.

По данным фирмы Rau [2], пневматическое осаждение капель позволяет до 50 % повышать рабочую скорость агрегата. Кроме того, воздух заменяет часть воды в качестве носителя, позволяет в 2–3 раза уменьшать норму внесения рабочей жидкости. Отсюда меньшие затраты времени на заправку и транспортировку воды.

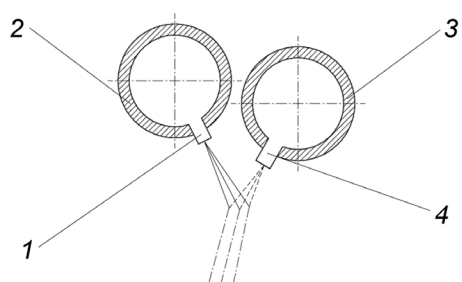
В опрыскивателях с пневматическим осаждением подача сжатого воздуха из эластичных рукавов осуществляется через отверстия большого диаметра, требует интенсивной подачи вентиляторов и значительных энергозатрат для их привода. Так, например, в опрыскивателях серии Commander twin force фирмы Hardi (Дания) подача воздуха в количестве 2000 м³/ч на 1 м длины штанги с максимальной скоростью 35 м/с для правой и левой частей штанги осуществляется двумя осевыми вентиляторами диаметрами 630 мм [3]. В опрыскивателях Спридо-Трайн, Спридомат Д2 и Спридо-Порт фирмы Rau (Германия) осаждение капель рабочей жидкости осуществляется воздушным потоком, создаваемым крупногабаритными осевыми вентиляторами диаметром 750–1000 мм с большой мощностью (24–40 кВт) для привода. Подача воздуха составляет 40 тыс.–62 тыс. м³/ч (при ширине опрыскивания 12–24 м), а максимальная скорость воздуха – 45 м/с [2]. Подача вентиляторами воздуха настолько велика, что воздух доносит капли рабочей жидкости к поверхности почвы, что приводит к его загрязнению и, соответственно, ухудшению экологии окружающей среды. При внесении почвенных гербицидов или при опрыскивании полей с небольшим растительным покровом капли вместе с воздушным потоком отражаются от поверхности почвы и сносятся в атмосферу, также загрязняя окружающую среду. Для значительной подачи воздуха необходимы большие энергозатраты для привода осевых вентиляторов. Кроме того, наличие воздушных рукавов увеличивает парусность штанги, что требует конструкции с повышенной прочностью на изгиб.

Целью исследований являлось обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований, обоснование основных технологических параметров процесса осаждения капель рабочей жидкости воздушным потоком.

Результаты

Невысокое давление, создаваемое осевыми вентиляторами (не более 4 кПа) [4], и небольшая скорость воздушного потока (35–45 м/с на выходе из отверстий рукавов) не придают существенного ускорения движению капель и не приводят к значительному уменьшению времени достижения каплями поверхности растений, чем обуславливается испарение капель в процессе опрыскивания. Это приводит к уменьшению эффективности применения принудительного осаждения капель рабочей жидкости с помощью сжатого воздуха, поступающего из воздушных рукавов, и к ухудшению экологии окружающей среды.

С учетом результатов теоретических исследований нами были предложены научная гипотеза и техническое решение для повышения степени осаждения капель рабочей жидкости, максимально учитывающие преимущества известных способов пневматического осаждения и исклю-



1 – распылитель; 2 – коллектор; 3 – воздуховод; 4 – насадка

Рисунок 1. – Схема устройства для реализации научной гипотезы

чающие недостатки каждого из них. Суть их заключается в том, чтобы воздушный поток использовать для увеличения скорости капель и только частично – для их транспортировки. С этой целью решено влиять на увеличение скорости капель после того, как их скорость снижается до 5–6 м/с. Для этого на определенном расстоянии от распылителя скорость капель увеличивается с помощью воздушного потока до уровня, которого достаточно для осаждения их на обрабатываемую поверхность. Конструктивно это решается следующим образом. Параллельно коллектору 2 (рисунок 1) с распылителями 1, но ниже его, устанавливается воздуховод 3, через насадки 4 которого поступает под давлением воздух. Воздушный поток действует на капли и увеличивает их скорость.

Для проверки гипотезы проводились экспериментальные исследования на стенде. Данный стенд позволял регулировать давление P жидкости в пределах от 0,1 МПа до 0,4 МПа и напор H воздуха в пределах от 0,01 МПа до 0,03 МПа. При этом жидкость подавалась гидравлическим насосом, а воздух – отдельными потоками с помощью двух воздуходувок подачей 500 м³/ч каждая. К этому стенду нами было разработано устройство, которое позволяло регулировать расстояние между коллектором с распылителями и воздуховодом, из которого следует осаждающий поток как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Взаимное расположение коллектора и воздуховода было таким, чтобы воздуховод был максимально приближен к факелу распыла, но при этом на него не попадали капли. Кроме того, устройство позволяло поворачивать воздуховод и фиксировать его положение. С одной воздуходувки воздух подавался к воздуховоду, а с другой – в специальное щелевое сопло.

Скорость осаждения капель определяли аналитическим методом по величине сноса их воздушным потоком с известными начальными параметрами. Для этого на расстоянии 50 см от распылителя действовали на факел распыла воздушным потоком, который следовал из щелевого сопла с шириной щели 5 мм и длиной 20 мм при напоре воздуха в пределах от 0,01 МПа до 0,03 МПа. Это сопло было расположено перпендикулярно факелу распыла на расстоянии 10 см от него. Снесенная жидкость попадала на гофрированную поверхность, которая расположена на 10 см ниже места действия воздушного потока на факел распыла. Гофрированная поверхность могла располагаться как перпендикулярно, так и параллельно факелам распыла. С этой поверхности жидкость стекала в мерные цилиндры, с помощью которых определяли распределение жидкости на гофрированной поверхности. Над гофрированной поверхностью протягивали закрепленные на подставке бумажные карточки размером 25×75 мм фирмы Novartis (Швейцария) и карточки с мелованной бумаги размером 50×70 мм, обработанные 3–5 %-ным раствором парафина в толуоле (Ортоксилол) для уменьшения растекания капель. На эти карточки осаждались капли на разном расстоянии от сопла. Влияние осаждающего потока на дисперсность распыления оценивали путем определения медианно-массового диаметра (ММД) капель и показателя полидисперсности d_{90} / d_{10} по методике согласно РД 10.6.1–89 [5].

Исследования влияния осаждающего потока воздуха на дисперсность распыла капель (рисунок 2а) показали, что при увеличении напора воздуха в воздуховоде осаждающий поток частично способствует повышению дисперсности капель. Причем с повышением напора осаждающего потока уменьшается показатель полидисперсности, из чего следует, что этот поток в большей степени измельчает крупные капли, нежели улучшает качество распыления (рисунок 2б).

В результате исследований влияния осаждающего потока на скорость осаждения капель получены кривые распределения жидкости в перпендикулярном факелу распыла направлении при работе без осаждающего потока, с осаждающим потоком без бокового дутья и с осаждающим потоком и боковым дутьем. Из этих кривых следует, что на расстоянии 60 см от распылителей в вертикальной плоскости осаждающий поток смещает факел распыла на 40–50 мм, что не имеет принципиального значения для распределения жидкости на обрабатываемой поверхности. При

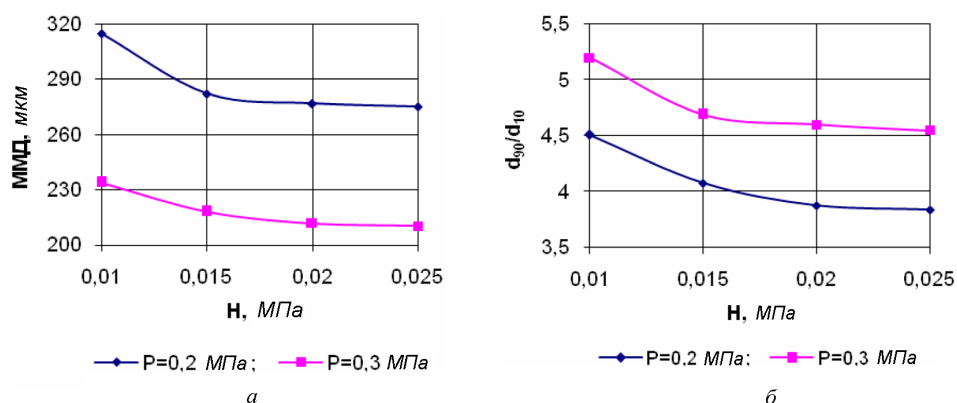


Рисунок 2. – Зависимость от напора осаждающего потока (а) медианно-массового диаметра; (б) показателя полидисперсности

давлении жидкости 0,2 МПа снос ее боковым дуем составляет 48 мм, а при давлении 0,3 МПа – 36 мм.

Скорость затухания воздушной струи, вытекающей из прямоугольного сопла шириной $2b$ и высотой $2a$ с постоянной по всему сечению скоростью $v_{нов}$ можно определить по формуле [6]:

$$v_{нов} = v_n \sqrt{\operatorname{erf}\left(\frac{b}{2kh}\right) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{a}{2kh}\right)}, \quad (1)$$

где $\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$ – интеграл вероятностей; v_n – начальная скорость струи, м/с; a – соответственно половина ширины и высоты сопла, м; h – расстояние от сопла, м; k – постоянная, определяется экспериментально.

В результате расчета по формуле (1) и по уравнениям движения частиц в турбулентном потоке [7] с помощью персонального компьютера получены скорости капель и воздушных струй на расстоянии h от сопла в зависимости от их начальной скорости. Отсюда можно определить скорость оседания капель в зависимости от величины их сноса.

С целью проверки результатов теоретических и лабораторных исследований был изготовлен экспериментальный образец опрыскивателя с принудительным осаждением капель ОПО-2000. При изготовлении были использованы шасси с баком от опрыскивателя ОП-2000-2-01, на котором смонтированы гидравлическая и пневматическая коммуникации.

Пневматическая коммуникация включала воздухоудвку производительностью 500 м³/ч, которая приводилась в действие от вала отбора мощности трактора, ресивер и воздуховод с насадками, расположенный ниже и параллельно гидравлическому коллектору. Воздушные насадки были выполнены в виде конфузора со щелевым выходным отверстием, образовывалась плоская струя треугольной формы с начальным углом расширения 110°. Расстояние между осями коллектора и воздуховода составляло 60 мм (минимальное по конструктивному исполнению). Шаг расположения насадок на воздуховоде был в два раза меньше шага расположения распылителей, что обеспечивало охват воздухом всего факела распыла.

Расход воздушного потока через насадку определяли по формуле:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \eta \sqrt{\frac{2gH}{\sigma}}, \quad (2)$$

где d – эквивалентный диаметр отверстия насадки; η – коэффициент расхода воздуха, $\eta \approx 0,9$; g – ускорение свободного падения; H – напор воздуха; σ – удельная плотность воздуха.

При напоре воздуха $H = 0,03$ МПа расход его по формуле (2) составляет 5,9 м³/ч. При наличии 72 насадок на воздуховоде подача воздухоудвки составляет 425 м³/ч.

Лабораторно-полевые исследования изучались влияние воздушного потока на осаждение капель при различных значениях рабочего давления жидкости, скорости ветра и схем расположения насадок относительно распылителей. Для этого на правой части штанги опрыскивателя был установлен только гидравлический коллектор с распылителями, а на левой – гидравлический коллектор и воздухопровод с насадками. Пневматические насадки располагались симметрично распылителям с шагом 0,25 м, то есть вдвое меньше шага распылителей, что обеспечивало захват воздухом всего факела распыла. В качестве рабочей жидкости использовали 1,5 % раствор спирторастворимого нигрозина по ГОСТ 9307–78 в воде. Скорость ветра и температуру воздуха во время опытов замеряли с помощью «Метеопоста». Скорость ветра при проведении опытов составляла от 4,2 м/с до 5,4 м/с – в пределах допустимого по агротехническим требованиям. Во время испытаний температура составляла 19 °С; рабочая скорость – 8 км/ч.

Исследования проводились по двум схемам расположения пневматических насадок относительно распылителей рабочей жидкости. В схеме I соседние насадки находились на расстоянии 12,5 см от распылителей, а в схеме II насадки находились над распылителями и посередине между ними. Плотность покрытия каплями поверхности и показатели качества работы опрыскивателя определяли в соответствии с [5].

Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2. В обеих схемах получено существенное увеличение густоты покрытия при опрыскивании с осаждением капель (таблица 1). При этом установлено, что с уменьшением давления жидкости, то есть со снижением дисперсности капель, влияние осаждения снижается.

Таблица 1. – Среднее значение покрытия каплями индикаторных карточек, шт./см²

Схема	Рабочее давление, МПа	Без осаждения	С осаждением	Степень увеличения при осаждении, %
I	0,2	28,56	39,14	37,0
II	0,2	81,18	114,23	40,7
III	0,5	108	119,9	11,2

Таблица 2. – Результаты оценки качества работы опрыскивателя с пневматическим осаждением капель по сравнению с обычным опрыскиванием

Показатели качества опрыскивания	Опрыскивание	
	с осаждением	без осаждения
Неравномерность расхода жидкости через распылители, %	3,4	3,4
Плотность покрытия каплями обрабатываемой поверхности, шт./см ²	54	37
Неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата, коэффициент вариации, %	13	43
Медианно-массовый диаметр капель, мкм	285,9	285

Как видно из таблицы 2, использование опрыскивателя с пневматическим осаждением капель повышает показатели качества выполнения технологического процесса. При напоре воздуха 0,03 МПа и давлении рабочей жидкости в нагнетательной коммуникации 0,5 МПа плотность покрытия каплями обрабатываемой поверхности увеличилась в 1,46 раза, а неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата уменьшилась в 3,3 раза. При этом расходы энергии уменьшились в 2,2 раза.

По результатам исследований разработана рабочая конструкторская документация и изготовлен опытный образец опрыскивателя с принудительным осаждением ОПО-2000, который выдержал государственные приемочные испытания и рекомендован к изготовлению опытной партии [8].

Выводы

Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса пневматического осаждения капель рабочей жидкости в опрыскивателях и обоснованы его основные технологические параметры.

Исследованиями установлено, что при увеличении напора воздуха осаждающий поток частично способствует повышению дисперсности капель. Осаждающий поток измельчает в большей степени крупные капли, чем улучшает качество распыления.

Получены зависимости расстояния сноса капель рабочей жидкости от их начальной скорости, из которых можно определить скорость оседания капель.

Разработанная система пневматического осаждения капель в опрыскивателях обеспечивает повышение степени их оседания на 11,2–40,7 %, улучшение равномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата в 3,3 раза и уменьшение расходов энергии в 2,2 раза.

Литература

1. Hardi Twin. Ein System setzt sich durch // Hardi Rama: Informations magazin über Pflanzenschutz. – 1995. – 11. – S. 6.
2. Техника для опрыскивания. Высококачественные навесные и прицепные опрыскиватели: проспект / RAU – Weilheim // Teck: Maschinenfabrik RAU GmbH, 1996. – 16 с.
3. Twin Force – excellent performance regardless of conditions. Commander Twin Force: prospect / HARDI–Taastrup: Hardi International A/S, 2000. – 8 p.
4. Дурнов, П. И. Насосы, вентиляторы, компрессоры / П. И. Дурнов. – К.: Одесса: Вища школа. Головное изд-во, 1985. – 264 с.
5. Испытания сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели, опыливатели, расселители энтомофагов, машины для приготовления и транспортировки рабочей жидкости. Программа и методы испытаний: РД 10.6.1. – 89 / УкрНДПВТ. – К., 1989.
6. Масло, И. П. Исследование турбулентных воздушных струй с произвольными начальным сечением и профилем скорости / И. П. Масло, С. П. Тимошенко, А. С. Барановский, В. А. Огородник, В. А. Юник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – К.: Урожай, 1979. – Вып. 44. – С. 7–13.
7. Зуев, Ф. Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф. Г. Зуев. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
8. Протокол державних приймальних випробувань обприскувача з примусовим осадженням ОПО-2000 № 01-41-04 (4071604) // УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2004. – 21 с.

УДК 631.331.022

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

А. Н. Юрин, к. т. н. доц.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ШИРИНЫ РАБОЧИХ ПЛАТФОРМ ПЛОДОУБОРОЧНОГО АГРЕГАТА

В данной работе предложено обоснование конструктивно-технологической схемы агрегата для уборки плодов семечковых культур и представлены зависимости для определения ширины его рабочих платформ.

Ключевые слова: плодуборочный агрегат, конструктивно-технологическая схема, уборка яблок, рабочие платформы, контейнеровоз, плоды семечковых культур, ярусы плодовых деревьев.

A. N. Yurin

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

THE SUBSTANTIATION OF THE CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL SCHEME AND WIDTH OF WORKING PLATFORMS OF THE FRUIT-TREATMENT UNIT

In this paper, a rationale for the constructive-technological scheme of an aggregate for harvesting seeds of pome fruits is proposed and the dependences for determining the width of its working platforms are presented.

Keywords: fruit harvesting unit, constructive technological scheme, harvesting apples, working platforms, container ship, fruits of pome fruits, fruit tree layers.

Плодоводство занимает важнейшее место в обеспечении населения Республики Беларусь продуктами питания. Однако при этом на одного жителя в республике производится всего лишь около 30 кг плодов и ягод при медицинской норме 98 кг [1].

В то же время плодоводство в Беларуси остается одной из наименее механизированных отраслей сельского хозяйства, в котором доля механизированных работ не превышает 25...30 %. Затраты на содержание и обслуживание плодоносящего сада составляют до 8,9 млн чел.-ч/га, ягодников – до 8,5 млн чел.-ч/га.

Уборка плодов – заключительная и решающая операция в общем плане работ по выращиванию плодов, которая во многом определяет качественные и количественные показатели производимой продукции и экономики отрасли в целом.

Обоснование конструктивно-технологической схемы агрегата

Анализ исследований технологических особенностей различных видов уборки плодов семячковых и косточковых культур и конструкций предназначенных для этого машин позволил установить, что наиболее перспективным орудием для уборки десертных плодов является плододоборочная платформа с контейнеровозом (рисунок 1), оборудованная системой конвейеров для транспортировки убранной сборщиками плодов. Такой тип плододоборочной платформы является наиболее рациональным для работы в садах интенсивного типа [2].

При этом плоды будут сниматься с деревьев вручную, а транспортировка и укладка их в контейнеры будет осуществляться механизированно. Это позволит получить максимальную производительность труда сборщиков при сохранении высокого качества убранного урожая.

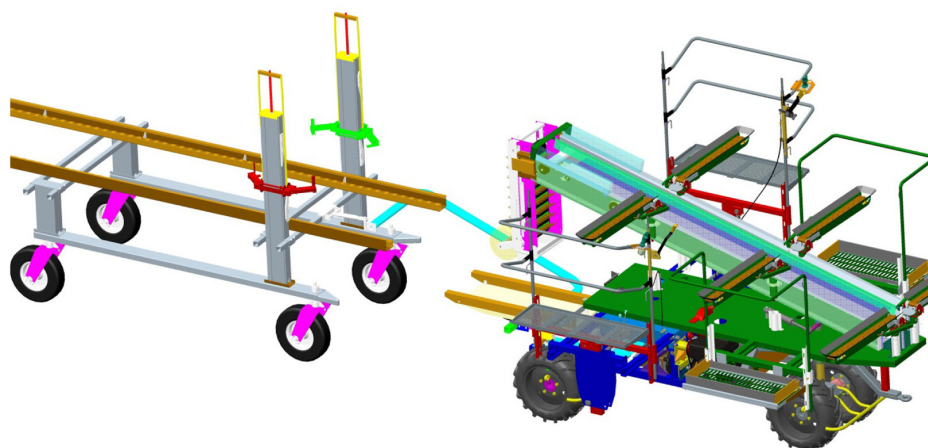
Убранные плоды должны укладываться в контейнеры.

Агрегат должен быть оборудован уборочными площадками для второго и третьего ярусов. Для первого яруса площадки не предусматриваются, так как уборку нижнего яруса плодов удобнее осуществлять с земли.

При этом платформы должны иметь возможность изменения своего положения по вертикали и горизонтали – для лучшего приспособления к ширине междурядий сада и высоте деревьев. Очевидно, что для снижения трудоемкости и повышения удобства регулировка должна осуществляться механизированно и индивидуально для каждой из площадок.

Для удобства сборщиков агрегат должен быть оборудован системой подручных конвейеров – лотков. Они необходимы для уменьшения времени, в течение которого руки сборщика будут заняты в процессе уборки.

Для максимального снижения трудоемкости съема лотки должны иметь возможность изменять свое положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях с возможностью фиксации.



1 – самоходная машина; 2 – лотки; 3 – горизонтальный конвейер; 4 – вертикальный конвейер; 5 – поворотный стол; 6 – контейнеровоз; 7 – площадка

Рисунок 1. – Самоходная плододоборочная платформа с контейнеровозом

Кроме того, учитывая возможную неравномерность распределения урожая семечковых и косточковых плодов по высоте дерева и различную ширину междурядий сада, длина лотков должна быть переменной.

Горизонтальный конвейер должен обеспечивать прием плодов со всех лотков и транспортировку их на вертикальный конвейер, который, в свою очередь, должен укладывать их в контейнер без повреждений.

При этом, учитывая низкие прочностные свойства плодов и их легкую повреждаемость, а также изменение высоты слоя плодов в контейнере в процессе уборки, вертикальный конвейер должен иметь возможность вертикального перемещения. Кроме того, конвейер должен иметь автоматическое устройство, обеспечивающее поддержание минимально возможной высоты выгрузки плодов в контейнер.

При свободной выгрузке плодов в контейнер в нем будет образовываться призма из плодов. Это приведет к уменьшению степени заполнения контейнера плодами и травмированию их при транспортировке. Для устранения данного негативного явления загрузку плодов необходимо осуществлять во вращающийся контейнер на некотором расстоянии от его центра.

В Республике Беларусь в основном при уборке плодов используются деревянные контейнеры промышленного производства с наружными размерами 1200×100×800 мм. Масса контейнеров в зависимости от вида, плотности плода и массы контейнера составляет 350–450 кг. При средней урожайности 30–50 т/га и длине рядов, равной 100–120 м, ширине междурядий 3,5–4,5 м для сбора плодов с одного ряда необходимо 5–9 контейнеров общей массой 1750–4050 кг. Очевидно, что заполненные плодами контейнеры целесообразно оставлять в междурядьях сада, а на контейнеровозе, агрегатируемом с самоходным агрегатом, перевозить пустые. При этом конструкция контейнеровоза должна быть порталной и высококлиренсной для обеспечения свободного прохода контейнера под направляющими контейнеровоза.

Контейнеровоз должен осуществлять перевозку не менее 9 контейнеров для обеспечения уборки плодов с одного ряда за один проход. Очевидно, что для этого он должен обеспечивать возможность многорядной установки контейнеров и быстрой их разгрузки.

Таким образом, к исследованию нами была принята конструктивно-технологическая схема самоходного агрегата с контейнеровозом, оборудованного приемными лотками, центральным и вертикальным конвейерами для сбора и транспортировки плодов, столом для размещения на нем контейнера с возможностью его вращения. Контейнеровоз должен иметь высококлиренсную порталную конструкцию и обеспечивать возможность многоярусной установки 9 порожних контейнеров [3, 4].

Обоснование ширины рабочих платформ

Наибольший эффект от применения многоступенчатых платформ для уборки плодов и обрезки кроны плодовых деревьев достигнут при использовании платформ в пальметтных садах.

Ширина платформы может быть определена по формуле:

$$B_{\text{плт}} = (B_{\text{меж}} - 2\delta_{\text{т}} - 0,4),$$

где $B_{\text{меж}}$ – ширина междурядья, м; $\delta_{\text{т}}$ – толщина кроны в сторону междурядья, м; 0,4 м – двусторонний зазор между габаритными размерами платформы и «стеной» сада.

В Республике Беларусь сады высаживаются с междурядьем 3,5–5,0 м. Кроме того, в зависимости от возраста, периода вегетации и вида обрезки толщина кроны может составлять от 0,4 до 0,8 м. Соответственно, ширина машины должна быть переменной и составлять от 2,3 до 3,4 м.

Высота $H_{\text{в}}$ расположения верхней рабочей площадки определяется исходя из условий снятия всех верхнерасположенных плодов:

$$H_{\text{в}} = H_{\text{дер}} - (1,3 \div 1,4),$$

где $H_{\text{дер}}$ – высота дерева, м; 1,3–1,4 м – средняя высота расположения рук сборщика от плечевых суставов до основания верхней рабочей площадки.

При механизированном способе уборки плодов и обрезки высота деревьев достигает 4,5 м. Увеличение высоты позволяет повысить урожайность с единицы площади. Однако при ручном способе уборки плодов высоту кроны ограничивает рост обслуживающего персонала. В этом случае высота деревьев составляет 2,7–3,0 м.

Таким образом, максимальная высота рабочей площадки должна составлять 2,6 м (средний рост сборщика принимаем 1,7 м, максимальная высота плода, который он способен снять, – 1,9 м). Учитывая требования к формированию кроны семечковых и косточковых культур, получаем, что высота расположения плода может составлять 0,6–4,5 м. В то же время для сборщика естественной является уборка плодов с высоты H_a , равной 0,8–1,7 м. Очевидно, что рационально разделить диапазон высот расположения плодов на три яруса.

Учитывая нижний предел расположения плодов на деревьях и минимальную высоту расположения рабочих площадок не менее 350 мм (минимальный дорожный просвет сельскохозяйственной машины 300 мм и конструктивный размер площадки 50 мм), очевидно, что для удобства и повышения производительности труда рабочие нижнего яруса должны осуществлять уборку плодов с земли.

Таким образом, высота первого яруса $H_{я1}$ (при $H_{дер} = 4,5$ м) должна составлять 0,6–1,9 м, второго – 1,9–3,2 м; третьего – 3,2–4,5 м.

Плодоношение в садах интенсивного типа наступает со 2–3 года вегетации, а промышленное – с 4–5 года. При этом высота деревьев может достигать 3 м.

Высота ярусов $H_{я}$ при этом будет составлять: первого – 0,6–1,4 м, второго – 1,4–2,2 м, третьего – 2,2–3,0 м.

Таким образом, учитывая агротехнические требования и рост сборщиков, определяем высоту рабочих площадок и устанавливаем, что высота рабочих площадок должна составлять:

для второго яруса:

$$H_{пл2}^{\min} = H_{я2}^{\min} - H_a^{\min},$$

$$H_{пл2}^{\max} = H_{я2}^{\max} - H_a^{\max},$$

где $H_{пл2}^{\min}$, $H_{пл3}^{\min}$, $H_{пл2}^{\max}$, $H_{пл3}^{\max}$ – минимальная и максимальная высота платформ, м; $H_{я2}^{\min}$, $H_{я2}^{\max}$, $H_{я3}^{\min}$, $H_{я3}^{\max}$ – минимальная и максимальная высота ярусов расположения плодов, м; H_a^{\min} , H_a^{\max} – минимальная и максимальная высота, с которой может осуществляться уборка плодов сборщиком ростом 1,7 м;

для третьего яруса:

$$H_{пл3}^{\min} = H_{я3}^{\min} - H_a^{\min},$$

$$H_{пл3}^{\max} = H_{я3}^{\max} - H_a^{\max}.$$

Из уравнений получим: $H_{пл2}^{\min} = 0,6$ м; $H_{пл2}^{\max} = 1,5$ м; $H_{пл3}^{\min} = 1,4$ м; $H_{пл3}^{\max} = 2,8$ м.

Таким образом, диапазон изменения высоты положения площадки второго яруса составит 0,9 м, третьего – 1,4 м.

Очевидно, что для удобства эксплуатации и настройки машины регулировка высоты рабочих площадок должна быть легкой и не требовать инструмента. В то же время в любой определенный момент времени в сложившихся обстоятельствах обслуживающему персоналу потребуется не более 1–2 регулировок высоты расположения площадок в сезон. Очевидно, что регулировку можно выполнить механической и дискретной с равным шагом.

Заключение

1. Наиболее перспективной для уборки десертных плодов является конструктивно-технологическая схема самоходного агрегата с контейнеровозом, оборудованного приемными лотками, центральным и вертикальным конвейерами для сбора и транспортировки плодов, столом для размещения на нем контейнера с возможностью его вращения.

2. Контейнеровоз должен иметь высококлиренсную порталную конструкцию и обеспечить возможность многоярусной установки не менее 9 порожних контейнеров.
3. Ширина плодуборочного агрегата должна быть переменной и составлять от 2,3 до 3,4 м.
4. Сборщики плодов на агрегате должны быть размещены на трех ярусах.
5. Высота первого яруса $H_я$ должна составлять 0,6–1,9 м, второго – 1,9–3,2 м; третьего – 3,2–4,5 м.
6. Диапазон изменения высоты положения площадки второго яруса должен составлять 0,9 м, третьего – 1,4 м.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 364 с.
2. Варламов, Г. П. Машины для уборки фруктов / Г. П. Варламов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
3. Юрин, А. Н. Агрегат для уборки плодов и обрезки деревьев в садах / А. Н. Юрин, А. А. Лях // Сельскохозяйственная научно-техническая и рыночная информация. – 2013. – № 8. – С. 39–43.
4. Юрин, А. Н. Агрегат самоходный универсальный АСУ-6 для уборки плодов и обрезки деревьев в садах интенсивного типа / А. Н. Юрин, А. А. Лях, В. М. Резвинский, А. Д. Кузнецов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 218–224.

УДК 631.331.022:633.521

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

С. Ф. Лойко, зав. лабораторией, **С. В. Старосотников**, н. сотр.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vozd_ub_len@tut.by*

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАШИН С МЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ВЫСЕВА ПРИ ПОСЕВЕ ЛЬНА

Проведен анализ конструктивных и технологических особенностей механических высевальных систем посевных машин. Выявлено, что механические системы в отличие от пневматических систем посева обеспечивают более высокую равномерность распределения семян между сошниками.

Ключевые слова: высевальная система, высевальный аппарат, равномерность распределения, всхожесть семян.

S. F. Loiko, S. V. Starosotnikov

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozd_ub_len@tut.by*

THE ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF UNITS WITH THE MECHANICAL SYSTEMS OF SEEDING AT FLAX CROPS

The analysis of design and technological features of the mechanical sowing systems of sowing units is carried out. It is revealed that mechanical systems unlike the pneumatic systems of seeding provide higher uniformity of distribution of seeds between coulter.

Keywords: the sowing system, the sowing device, uniformity of distribution, viability of seeds.

В последние годы в республике урожайность льнотресты и льносемян составляет 2,9–3,2 ц/га и 27–35 ц/га соответственно, а средний номер льнотресты не превышает 1,1. Одной из основных причин таких показателей является несовершенство применяемых посевных машин. Главным образом для посева льна используются модификации посевных машин с пневматическими системами посева (СПУ-6Л, АПП-6АБ-Л, АППМ-6А6К и др.).

В то же время агротехнические требования при посеве льна предусматривают более жесткие показатели равномерности распределения и заделки семян. Пневматические системы высева не обеспечивают в полной мере эти требования по ряду причин: непостоянство аэродинамических параметров воздушного потока из-за привода вентилятора от вала отбора мощности энергетического средства; забивание посевным материалом семяпроводов при их провисании в работе вследствие неравномерности движения посевного агрегата и снижения частоты вращения вентилятора из-за неравномерной работы приводных устройств; зависимость равномерного распределения семян от состояния участка; наличие механического травмирования семян при их перемещении воздушным потоком по пневмоматериалопроводу; высокая в сравнении с механической системой высева неравномерность распределения семян льна и других мелкосеменных культур по сошникам. Это подтверждается результатами различных испытаний. Так, при посевной годности семян 95,9–96 % и лабораторной всхожести 96 % полевая всхожесть при их применении составляет только 50–67 % [1]. В результате создаются предпосылки к неравномерным всходам. Неравномерная заделка семян по глубине в совокупности с неравномерностью высева приводит к ярусности стеблестоя, что является существенной причиной растягивания и смещения агротехнических сроков проведения всех последующих операций и приводит к снижению урожайности волокна и семян, их качественных показателей.

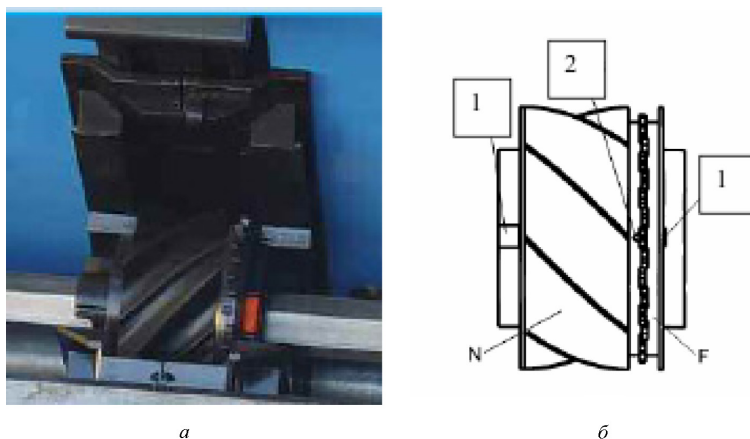
Существенным преимуществом машин с пневматическими системами высева является возможность создания широкозахватных орудий с незначительным увеличением металлоемкости [2].

Кроме машин с пневматическими системами высева, для посева в нашей стране находят незначительное применение и машины с механическими системами высева. Такие посевные машины оборудуются высевающими аппаратами катушечного, штифтового или комбинированно-катушечно-штифтового типов. При этом данные высевающие аппараты обеспечивают высокую равномерность распределения семян по сошникам. Современные высевающие аппараты катушечного типа изготавливаются в основном из пластмасс, что позволяет снижать повреждаемость семян и стоимость изготовления и обслуживания аппаратов. Катушки имеют ребра, расположенные по спирали, а также могут иметь разновеликие ребра. Это позволяет устранить их главный недостаток – порционность.

Высокое качество распределения семян и посева обеспечивают механические высевающие аппараты, устанавливаемые на сеялки типа «Сапфир» фирмы Lemken (Германия). Эти аппараты комплектуются различными катушками: Conti-Plus, Vario-Plus, Mono-Plus и Mega-Plus.

Высевающий аппарат с катушками Conti-Plus предусматривает два варианта работы: обычная высевающая катушка для всех видов зерновых и крупнозернистого семенного материала; мелкосеменная катушка для всех видов мелких посевных материалов.

Включение и выключение обычной N или мелкосеменной F высевающих катушек производится путем перемещения красного ползунка 1 (рисунок 1).



а) катушка – общий вид; б) схема катушки
1 – ползун; 2 – привод

Рисунок 1. – Комбинированная катушка Conti-Plus

Для регулировки необходимо провернуть высевающие аппараты так, чтобы оба фиксирующих ползунка были расположены точно напротив. Требуемая половина катушки включается вдавливанием соответствующего ползунка, при этом фиксирующий ползунок другой половины катушки выталкивается наружу, и эта половина катушки отключается от привода 2.

Конструкция высевающей катушки Vario-Plus представлена на рисунке 2.

В зависимости от вида высеваемых семян на сеялках «Сапфир» могут применяться различные варианты катушек высевающих аппаратов.

Катушка имеет три варианта работы, что позволяет качественно высевать различные виды семян: включены обе половины высевающей катушки (для всех видов зерновых и зернобобовых); работает половина катушки (для норм высева от 30 до 100 кг/га); работает только мелкая катушка, а обе основные половины отключены (для высева мелких семян).

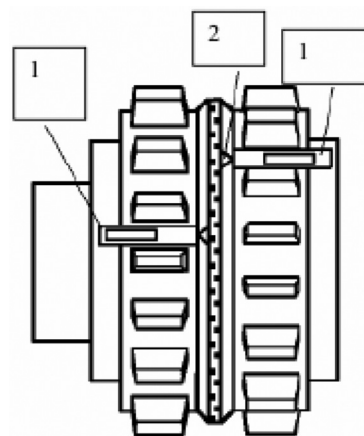
Половинки высевающей катушки отключаются путем перемещения красных фиксирующих ползунков 1 (рисунок 2). При обратном включении шпоночный паз 2 должен располагаться на линии ползунка. Наличие данной регулировки позволяет подобрать требуемый режим высева для любых культур и условий работы. При этом возможна дифференциация количества семян по рядкам (например, с учетом расположенной рядом технологической колеи, информации от системы GPS).

Комплектация высевающих аппаратов катушками Mono-Plus и Mega-Plus производится для высева гороха и фасоли с нормами более 150 кг/га.

Аналогичные механические высевающие аппараты есть и у других известных производителей посевной техники (рисунок 3), которые обеспечивают требуемые результаты по неравномерности распределения.

Результаты испытания показывают, что неравномерность высева семян между сошниками при использовании высевающих катушек фирмы Lemken (Германия) находятся в пределах 2,3–3,0 % [3, 4, 5].

Проведенный анализ показывает, что механические высевающие системы в отличие от пневматических обеспечивают высокую равномерность распределения семян по сошникам. Поэтому для посева льна и других мелкосеменных культур основное применение должны находить посевные машины с механическими высевающими аппаратами катушечного типа.



1 – ползунок; 2 – паз

Рисунок 2. – Схема катушки Vario-Plus с механизмом отключения рабочих половинок



а



б

а) универсальный для высева средне- и мелкосеменных (фирма Amazone, Германия); б) универсальный для высева средне- и мелкосеменных (фирма Sulky, Франция)

Рисунок 3. – Высевные аппараты сеялок с механической системой высева

Литература

1. Лойко, С. Ф. Результаты производственной апробации и экономическая эффективность использования агрегата АПЛ-4 / С. Ф. Лойко, А. Н. Перепечаев, С. В. Старосотников // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2015. – Вып. 49. – С. 97–102.
2. Салапура, Ю. Л. Анализ особенностей применения посевных машин с пневматическими системами высева при севе льна / Ю. Л. Салапура, С. Ф. Лойко, С. В. Старосотников // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 98–102.
3. Протокол № 166 Б 1/3–2008 от 11 декабря 2008 года приемочных испытаний агрегата комбинированного почвообрабатывающе-посевого со сменными пассивными рабочими органами АППА-4 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008.
4. Протокол № 116 Д 8/3–2008 от 13 октября 2008 года эксплуатационно-функциональных испытаний агрегата комбинированного почвообрабатывающего посевого АК-4 «РУБИН 9/400 КУА + САПФИР 7/400 АвтоЛод–DS + ГМРЗ» (изготовленного по аналогу и с использованием комплектующих агрегата фирмы Lemken, Германия) / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008.
5. Протокол № 117 Д 8/3–2008 от 13 октября 2008 года эксплуатационно-функциональных испытаний агрегата комбинированного почвообрабатывающего посевого АК-4 «ГЕЛИОДОР 9/400 КА + САПФИР 7/400 АвтоЛод–DS + ГМРЗ» (изготовленного по аналогу и с использованием комплектующих агрегата фирмы Lemken, Германия) / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008.

УДК 632.354.026

Поступил в редакцию 05.09.2017

Received 05.09.2017

В. А. Шейченко¹, д. т. н., **И. А. Дудников¹**, к. т. н., **А. Я. Кузьмич²**, к. т. н.,
М. В. Шевчук², аспирант, **В. В. Шевчук³**, к. т. н.

¹*Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина
e-mail: vsheychenko@ukr.net*

²*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
Национальной академии аграрных наук Украины (ННЦ «ИМЭСХ»),
п. г. т. Глеваха, Киевская обл., Украина
e-mail: Shevchuk1611@ukr.net*

³*Уманский национальный университет садоводства, г. Умань, Черкасская обл., Украина*

ОБОСНОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОТДЕЛЕНИЯ ЗЕРНА УСТРОЙСТВОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБМОЛОТА ЖАТКИ

Разработано устройство предварительного обмолота зерна, которое расположено в наклонной камере жатки. Проведены исследования и установлена зависимость коэффициента отделения зерна, которая совместно с удельным (отнесенным к единице площади) значением массы этого зерна позволяет комплексно оценить технико-технологические решения предложенных вариантов конструкции устройства предварительного обмолота зерна.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, жатка, устройство предварительного обмолота зерна, коэффициент отделения зерна, масса отделенного зерна.

V. A. Sheychenko¹, I. A. Dudnikov¹, A. Ya. Kyzmich², M. V. Shevchuk², V. V. Shevchuk³

¹*Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine
e-mail: vsheychenko@ukr.net*

²*NSC «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»
National academy of agrarian Sciences of Ukraine (NSC «IAEE»), Glevakha, Kiev region, Ukraine
e-mail: Shevchuk1611@ukr.net*

³*Uman National University of Horticulture, Uman, Cherkasy region, Ukraine*

SUBSTANTIATION OF THE COEFFICIENT OF GRAIN SEPARATION BY THE PRELIMINARY THRESHING OF THE HEADER

The preliminary grain threshing device is developed, which is arranged in a combine feeder house. Research are conducted and the dependence of the grain separation coefficient has been established, which together with the specific (per unit area) mass of this grain allow us to evaluate the technical and technological solutions of the proposed versions of the preliminary grain threshing device.

Keywords: grain harvester, grain header, equipment for preliminary threshing of grain, grain separation coefficient, mass of separated grain.

Постановка проблемы

Одним из финансово привлекательных видов деятельности современного сельхозпроизводителя является выращивание и дальнейшая реализация семян в качестве посевного материала. Ежегодно только в Украине на посев зерновых и технических культур дополнительно расходуются более 3,5 млн тонн семян, что составляет 8–10 % валового сбора зерна [1]. Достижение успеха в этом направлении во многом определяется совершенством как технологических приемов выращивания, так и успешно выбранных способов уборки и последующей переработки урожая, минимально травмирующих зерно. Низкое качество посевного материала обусловлено существенным повреждением и травмированием семян при его уборке и первичной обработке. Как следствие, несоответствие основным показателям, предъявляемым к посевному материалу. Реагируя на такие обстоятельства, аграрии на 20–25 % увеличивают норму посева по сравнению с посевом кондиционных семян.

В основу исследований положена гипотеза, которая предусматривает возможность интенсификации процесса отделения семян зерновых от зерносоматической массы (ЗСМ) на фазах ее транспортирования устройством предварительного обмолота жатки в молотильно-сепарирующей системе (МСС) комбайна. Отметим, что предварительно вымолоченное зерно оседает (сосредоточивается) в нижней части потока технологической массы и не повреждается основным молотильным барабаном. Оно скорее проходит сквозь решетчатое подбарабанье. Это, как известно, способствует уменьшению потерь зерна за молотилкой в соломе. Поэтому можно сделать вывод о целесообразности предварительного обмолота зерна рабочими органами жатки до момента попадания срезанного технологического материала в наклонный транспортер, питающий молотилку.

Анализ последних исследований и публикаций

Подавляющее большинство специалистов характеризует процесс обмолота зерновой массы как происходящий только вследствие воздействия МСС зерноуборочного комбайна и не учитывает динамического характера взаимодействия других рабочих органов жатки и комбайна на массу, которая транспортируется к МСС [2–8]. Отметим, что в результате воздействия рабочих органов на ЗСМ на пути ее следования к МСС связи зерна с колосом ослабевают, а иногда и полностью разрушаются [7]. Процесс обмолота зерна возникает в момент, когда начинают взаимодействовать пальцы мотовила жатки со стеблем. Степень отделения зерна от массы, которую транспортирует жатка, зависит от многих факторов: фазы развития культуры, ее влажности, спелости, сорта, динамических составляющих воздействия на растения.

Высокая поврежденность семян является одной из причин, препятствующих его продвижению на европейские и мировые рынки.

В связи с этим повышение эффективности процесса обмолота зерновых культур на этапах его транспортировки к МСС является достаточно важной и актуальной задачей.

Цель исследования – повысить эффективность выращивания зерновых благодаря обоснованию конструктивных параметров и режимов работы устройства к жатке зерноуборочного комбайна для предварительного обмолота зерна.

Результаты

Проведенными экспериментальными исследованиями подтверждена возможность отделения от колоса 30–35 % зерна на ранних фазах его транспортирования к МСС комбайна. Нами разработано устройство предварительного обмолота зерна, которое расположено в наклонной камере жатки. Эффективность предлагаемого устройства предварительного обмолота зерна жатки (ширина захвата 6 м) численно предложено оценивать показателем, комплексно характеризующим согласованность в системе уборки и обмолота культуры целого ряда технико-эксплуатационных показателей использования комбайна с ее агробиологическими факторами.

Предложено эффективность устройства предварительного обмолота зерна жатки оценивать соотношением массы отделенного им зерна к массе зерна, которое должно поступить с опытного участка.

$$k_B = \frac{m_3}{m_{оч.з}}, \quad (1)$$

где m_3 – масса отделенного устройством зерна (определяется экспериментально), кг; $m_{оч.з}$ – масса зерна, которое ожидается к поступлению в наклонную камеру устройства по результатам опыта (определяется расчетным методом), кг.

К устройству предварительного обмолота зерна поступает ЗСМ, общее количество которой аналогично массе, которая поступает в молотилку. Согласно [2, 8], количество этой массы (пропускная способность, q , кг/с) определяется зависимостью:

$$q = \frac{Bk_{нов}v_M Q}{360}, \quad (2)$$

где Q – урожайность зерна и соломы, ц/га; $Q = Q_3 + Q_3\beta$, Q_3 – урожайность зерна, ц/га; β – массовая доля соломы относительно урожайности зерна; B – ширина захвата жатки, м; v_M – скорость движения комбайна, км/ч; $k_{нов}$ – коэффициент эффективности использования ширины захвата жатки (по экспериментальным данным значение этого коэффициента изменяется в пределах 0,94–0,99).

В результате простых преобразований получили:

$$k_B = \frac{m_3}{m_{оч.з}} = \frac{5m_3}{18ql_i} v_{Mi} (1 + \beta), \quad (3)$$

где l_i – длина опытного участка, м.

На рисунках 1–3 изображены зависимости коэффициента отделения зерна (k_B) от различных факторов. Длина экспериментального участка (длина гона комбайна) оказывает существенное влияние на значение коэффициента отделения зерна (рисунки 1–3). С увеличением длины участка значение коэффициента отделения зерна уменьшается. Это связано с тем, что объем камеры камнеуловителя, откуда осуществлялся забор проб обмолоченного зерна, ограничен, что на долгих прогонах приводит к искажению результатов измерений.

При малых значениях пропускной способности и длины гона ($q = 2$ кг/с, $l_i = 6$ м, рисунок 1) создаются условия максимального отделения зерна в наклонной камере жатки (коэффициент отделения зерна 0,93), то есть практически 93 % зерна, которое поступает в наклонную камеру жатки, отделяется от колоса. Это зерно оседает в нижней части наклонной камеры и формирует свой поток.

С увеличением скорости перемещения комбайна значение коэффициента отделения зерна возрастает (рисунок 2). Так, скорости 2 км/ч соответствует $k_B = 0,1$, при $v_M = 6$ км/ч $k_B = 0,3$; при $v_M = 10$ км/ч $k_B = 0,5$ соответственно.

Увеличение массовой доли соломы относительно урожайности зерна также приводит к увеличению значения коэффициента отделения зерна (рисунок 3).

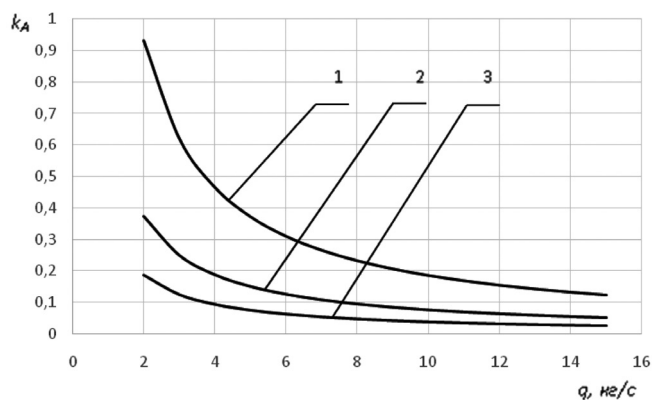


Рисунок 1. – Зависимость коэффициента отделения зерна (k_B) от пропускной способности (q) при условии $m_c = 3,5$ кг; $\beta = 1,3$; $v_{Mi} = 5$ км/ч для различных l_i : 1 – $l_i = 6$ м; 2 – $l_i = 15$ м; 3 – $l_i = 30$ м

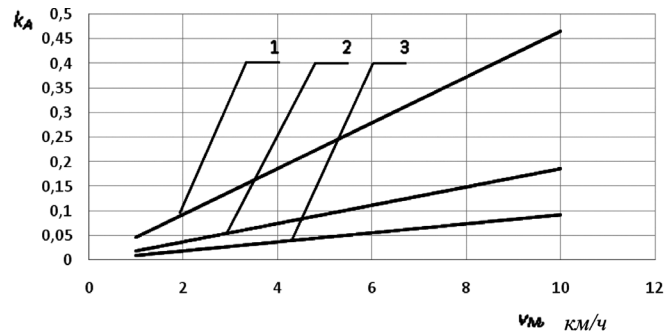


Рисунок 2. – Зависимость коэффициента отделения зерна (k_B) от скорости движения комбайна (v_{Mi}) при $m_c = 3,5$ кг; $q = 8$ кг/с; $\beta = 1,3$ для различных l_i : 1 – $l_i = 6$ м; 2 – $l_i = 15$ м; 3 – $l_i = 30$ м

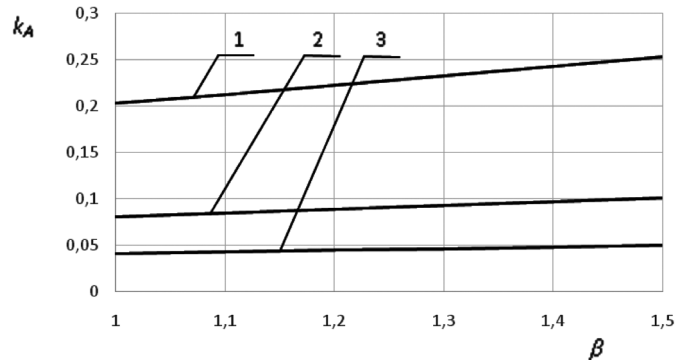


Рисунок 3. – Зависимость коэффициента отделения зерна (k_B) от β – массовой части соломы относительно урожайности зерна при $m_c = 3,5$ кг; $q = 8$ кг/с; $v_{Mi} = 5$ км/ч для различных l_i : 1 – $l_i = 6$ м; 2 – $l_i = 15$ м; 3 – $l_i = 30$ м

Выводы

Предложено эффективность устройства предварительного обмолота зерна жатки оценивать соотношением массы отделенного им зерна к массе зерна, которое должно поступить с опытного участка.

Этот показатель комплексно характеризует согласованность в системе уборки и обмолота зерновой культуры целого ряда технико-эксплуатационных показателей использования комбайна с ее (культуры) агробиологическими факторами.

Установлена зависимость коэффициента отделения зерна (k_B), которая совместно с удельным (отнесенным к единице площади) значением массы этого зерна (m_3) позволяют комплексно оценить технико-технологические решения предложенных вариантов конструкции устройства предварительного обмолота зерна.

Литература

1. Шейченко, В. А. Исследование микроповреждений и микротравмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами / В. А. Шейченко, А. Я. Кузьмич, А. Н. Грицака, М. М. Ковалев // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 1 (223). – С. 24–28.
2. Липкович, Э. И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов / Э. И. Липкович. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1973. – 165 с.
3. Кленин, Н. И. Исследование вымолота и сепарации зерна: дис. ... д-ра техн. наук / Н. И. Кленин. – М., 1977. – 424 с.
4. Шейченко, В. О. Дослідження обмолоту зерна трибарабанною молотаркою / В. О. Шейченко, В. І. Недовесов, О. М. Грицака // Збірник наукових праць Луцького НТУ. Сільськогосподарські машини: збірник наукових статей. – Луцьк, 2015. – Вип. 33. – С. 149–155.
5. Занько, М. Д. Аналітичне моделювання втрат зерна замолотаркою в залежності від умов роботи зернозбирального комбайна / М. Д. Занько, В. І. Недовесов // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2013. – Вип. 97. – С. 483–488.
6. Коваль, С. Комплексне вирішення проблем збирання врожаю / С. Коваль, В. Шейченко // Техніка АПК. – 2008. – № 2. – С. 22–26.

7. Антипин, В. Г. О перемещении обмолачиваемой культуры по подбарабанью / В. Г. Антипин, В. М. Коробицын // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – № 8. – С. 7–9.
8. Зерноуборочные комбайны / Г. Ф. Серый [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 247 с.

УДК 631.31

Поступил в редакцию 31.08.2017
Received 31.08.2017

В. И. Ветохин¹, д. т. н., доц., **А. Н. Алтыбаев²**, д. т. н., доц., **Д. А. Голованов³**, к. т. н.

¹*Национальный технический университет Украины*

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

²*Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Алматы, Республика Казахстан*

³*ФГУП «Омский экспериментальный завод» Россельхозакадемии, г. Омск, Российская Федерация
e-mail: veto.vladim@gmail.com; narikovich@yandex.ru; dir@oezomsk.ru*

АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЦЕССУ УПРАВЛЕНИЯ ЕЕ СОСТОЯНИЕМ

Приводится предложенная система свойств, параметров состояния и факторов управления состоянием почвы. Свойства представлены как характеристика способности системы обеспечивать процесс. Действия почвообрабатывающего орудия необходимо оценивать по показателям энерго- и массообмена в пласте. Роль орудия должна заключаться в управлении природными потоками энергии и веществ в системе «почва – растение – окружающая среда».

Ключевые слова: система, свойства почвы, количественные показатели состояния почвы, управление состоянием, урожайность.

V. I. Vetokhin¹, A. N. Altibaev², D. A. Golovanov³

¹*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

²*Kazakh Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture (KazSRIMEA),
Almaty, the Republic of Kazakhstan*

³*FSUE «Omsk Experimental Plant» the Russian Academy of Agricultural Sciences, Omsk, Russian Federation
e-mail: veto.vladim@gmail.com; narikovich@yandex.ru; dir@oezomsk.ru*

ANALYSIS OF PROPERTIES OF SOIL APPLIED TO THE MANAGEMENT OF ITS CONDITION

The system of properties, parameters of a condition and factors of management of a condition of the soil is offered. Properties are presented as a characteristic of the system's ability to provide the process. The action of the tillage tool must be evaluated according to the parameters of energy-mass transfer in the soil layer. The role of the tillage tool should be to manage the natural flows of energy and substances in the «soil-plant-environment» system.

Keywords: system, soil properties, quantitative indicators of soil condition, condition control, yield.

Снижение затрат энергетических и других ресурсов – актуальная задача в аграрном производстве. Один из путей ресурсосбережения – проектирование технологического процесса и почвообрабатывающего орудия на базе свойств почвы.

Как показало изучение вопроса, знания о свойствах почвы представлены в несистематизированном виде, что не дает достаточных оснований для проектирования орудий и процессов.

Так, академик В. П. Горячкин относил к физическим свойствам почвы удельный вес, влагоемкость, связность, сопротивление деформациям, коэффициент трения [1, с. 208]. Особое внимание В. П. Горячкин обратил на способность почвы деформироваться хрупко, вязко и пластично при различном виде объемного нагружения [2, с. 542]. Эта особенность свойств почвы была использована в развитии теории клина, в частности в обосновании механизма преобразования деформации локального сжатия клином почвы в деформацию объемного растяжения пласта [3].

Н. А. Качинский подробно изучил свойства почвы и изменение характеристик состояния почвы при ее обработке, однако не ставил задачу связать свойства почвы и задачу проектирования

почвообрабатывающего орудия. Свойства почвы Н. А. Качинский подразделил в следующем порядке: плодородие – основное свойство почвы, которое зависит от ряда других свойств, поглотительная способность, химическая реакция почвы (кислотность, щелочность), порозность или скважность, водопроницаемость и влагоемкость, водоудерживающая и водоподъемная способности, испаряющая способность, воздушный и тепловой режимы, структура почвы [4].

Г. Н. Синеоков и И. М. Панов различали физические и технологические свойства почвы [5]. К физическим свойствам отнесены: механический состав, скважность, пороги влажности, значения коэффициентов внешнего и внутреннего трения и сопротивление сдвигу. К технологическим свойствам причислены: абразивность, каменистость, удельное сопротивление почвы при обработке и липкость.

Коллектив авторов сотрудников кафедры почвоведения МГУ [6] подразделяет свойства почвы следующим образом: плодородие, тепловые свойства, физико-механические свойства. К тепловым свойствам отнесена способность почвы поглощать и перемещать в своей толще тепловую энергию.

К физико-механическим свойствам почвы отнесли деформационные, прочностные и реологические свойства. Особо выделены физико-механические свойства почвы как высокодисперсной среды – набухание, усадка и липкость, проявляющиеся без внешнего механического воздействия. Данная классификация по смыслу наиболее отражает современное понимание свойств почвы, однако требует уточнения применительно к инженерному аспекту проблемы.

Основной недостаток существующих представлений состоит в том, что свойства почвы не рассматриваются с точки зрения *процесса* управления ее состоянием рациональным образом с минимальными затратами ресурсов с целью получения урожая. Известные описания и классификации свойств почвы также имеют некоторую понятийную неупорядоченность в смысле отнесения к категории свойств как качественных, так и количественных характеристик.

Задача исследования – использовать систематизированное представление о свойствах почвы для анализа преобразования энергии и управления состоянием почвы.

Методологическим ориентиром также служат идеи, сформулированные с учетом роли информации в природных процессах и интеллектуальной деятельности [7, 8].

Свойство, в нашем понимании, – это характеристика способности системы обеспечивать процесс изменения/сохранения состояния, определенным образом реагировать на внешнее или внутреннее воздействие [9]. Изменение состояния системы проявляется в изменении количественных параметров.

В предложенной систематизации (рисунок 1) свойства почвы и соответствующие им параметры состояния располагаются иерархически в соответствии с направлением действия техногенных управляющих факторов. А именно:

- базовые физико-механические, физико-химические, биологические и другие свойства;
- свойство образовывать структуру и разуплотняться;
- обменные свойства (количественно характеризуются мощностью энерго- и массообмена);
- свойство плодородия (характеризуется урожайностью).

Внесение/извлечение энергии и вещества рассматриваются как способ управления состоянием почвы. Этот способ реализуется в различных технологиях соответствующими техническими средствами и орудиями. Например, внесение удобрений, мелиорация, химическая обработка обеспечивают внесение/извлечение энергии и вещества, механическая обработка – внесение/извлечение энергии. Перечисленные техногенные факторы действуют наряду с природными факторами и процессами обмена энергией и веществом.

Охарактеризуем свойства почвы в системе.

Конечная задача земледелия – получение урожая. Это возможно, благодаря особому свойству почвы – плодородию. Свойство почвы «плодородие» возможно определить как способность производить урожай. Это свойство количественно характеризуется урожайностью, в физической терминологии – производительностью в единицах массы [$m, кг$] или энергии [KBm] с единицы площади [$га, м^2$] в единицу времени, то есть показателем с размерностью [$m га^{-1} год^{-1}$] или [$KBm м^{-2} c^{-1}$].

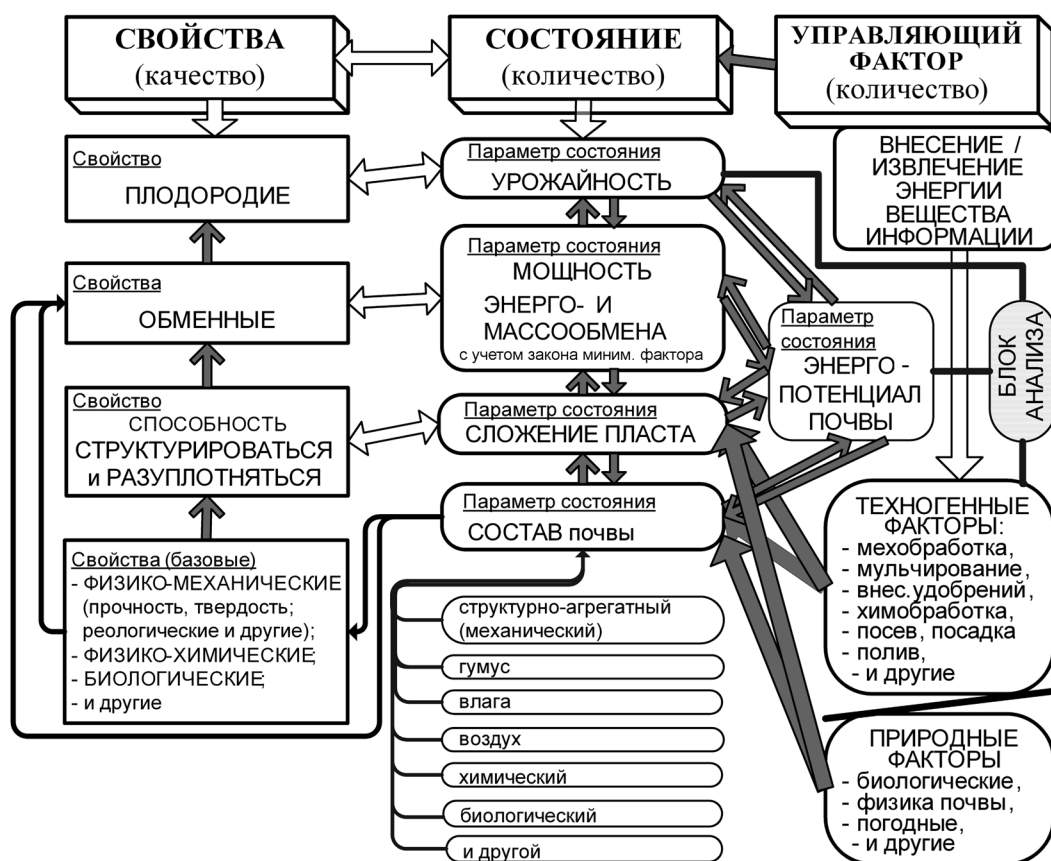


Рисунок 1. – Система свойств, параметров состояния и факторов управления состоянием почвы

Почва обладает обменным свойством – способностью обеспечить на определенном уровне прием, накопление и обмен веществ, энергии и информации. Это свойство количественно характеризуется мощностью потоков энергии или вещества с размерностью $[Вт \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}]$ и описывается соответствующими законами сохранения. Процесс вегетации растения – это результат обменных процессов.

Из теории энерго- и массопереноса известно, что мощность обмена пропорциональна площади обмена и разности потенциалов. Численное значение обменной поверхности почвы напрямую зависит от ее структуры.

Способность образовывать или восстанавливать после нарушения в результате внешнего и внутреннего обмена определенную устойчивую структуру – особое свойство почвы, которое можно назвать структурообразующей способностью. Состав, размер, взаимное расположение, в том числе плотность сложения почвенных частиц и межпочвенных включений, – это характеристика структуры почвы. Важно, что в почве, как в особом образовании с биологической составляющей, особая структурообразующая роль принадлежит бактериям и гумусу.

Способность уплотняться/разуплотняться – это свойство периодически изменять плотность сложения под действием внутренних и/или внешних факторов.

Обработка почвы почвообрабатывающим орудием происходит, благодаря наличию у почвы свойства «способность структурироваться и разуплотняться», и сводится к внесению в природный баланс дополнительной энергии и вещества. Обработка почвы не влияет на ее свойства, а изменяет количественное значение параметров состояния, в частности структуру пласта почвы. Придание пласту почвы определенной структуры следует также рассматривать как внесение информации в систему [7].

Причинно-следственную связь процессов управления состоянием почвы, в соответствии с «системой свойств», возможно изложить следующим образом. Рыхление и разуплотнение почвы – это процесс создания обменной структуры, увеличения площади активной поверхности

агрегатов, аэрация почвы. В свою очередь, изменение этих показателей влияет на количественную характеристику обменных свойств почвы – мощность энерго- и массообмена. Изменение обменных характеристик, в свою очередь, влияет на количество урожая (количественную характеристику плодородия почвы).

Приведем запись одной из цепочек преобразования (перехода) энергии от рабочего органа к почве, а именно работы по крошению пласта и образованию новых обменных поверхностей в пласте почвы (используя LT -систему физических величин [10]). Действие почвообрабатывающего агрегата, работа крошения и изменение энергии урожая при этом измеряются в величинах одной размерности – в мощности за период времени, или в работе [$L^5 T^{-4}$] (таблица 1).

По своей сути любые операции механической обработки почвы – рыхление, уплотнение, прикатывание, щелевание, внесение мелиорантов, оборот пласта и т. п. – операции управления и изменения обменных характеристик почвы. Те же следствия имеет действие природных факторов. Следовательно, основной способ экономии ресурсов при обработке почвы – изменение соотношения техногенных и природных факторов в изменении состояния пласта и рациональное структурирование почвы. Этому соответствуют, в частности, развиваемые в земледелии технологии с минимизацией механического воздействия на почву.

Таблица [3] 1. – Цепочка перехода работы орудия в прирост энергии урожая

<u>УПРАВЛЯЮЩИЙ ФАКТОР</u> (техногенный/природный)	<u>→СЛОЖЕНИЕ</u> ПЛАСТА	<u>→ МОЩНОСТЬ</u> ЭНЕРГООБМЕНА	<u>→ УРОЖАЙНОСТЬ</u>
Работа, в том числе почвообрабатывающего агрегата $A_T [L^5 T^{-4}] + A_{\Pi} [L^5 T^{-4}]$	Работа по крошению пласта $\rightarrow P_{\text{кр}} [L^4 T^{-4} L^{-2}] \Delta S [L^2] \Delta L [L]$	Приращение мощности энергообмена в год $\rightarrow \Delta N [L^4 T^{-5}] T [T^1]$	Энергия урожая (прирост) $\rightarrow \Delta W [L^5 T^{-4}]$

где $A_T [L^5 T^{-4}]$ и $A_{\Pi} [L^5 T^{-4}]$ – соответственно работа техногенных и природных сил; $P_{\text{кр}} [L^4 T^{-4} L^{-2}]$ – предел прочности почвы; $\Delta S [L^2]$ – прирост площади свободной поверхности частиц почвы; $\Delta L [L]$ – расстояние (протяженность пространства); $\Delta N [L^4 T^{-5}]$ – мощность энергообмена; $T [T^1]$ – протяженность времени; $\Delta W [L^5 T^{-4}]$ – прирост энергии урожая.

Подтверждением адекватности предложенного подхода может служить способ двухфазной обработки почвы, разработанный на базе многолетних агрономических исследований А. М. Малиенко [11]. Изменение структуры почвы и, следовательно, обменных характеристик путем механической обработки производится после посева и прорастания культурного растения в определенной фазе его вегетации. Изменение обменных характеристик слоя почвы проявляется в различном развитии культурных и сорных растений, а также в увеличении накопления и уровня содержания влаги в почве на всем протяжении вегетации. Степень крошения почвы при этом не имеет определяющего значения. По многолетним данным, такой технологический прием значительно повышает урожайность культур.

Выводы

Оценку действия почвообрабатывающего орудия необходимо производить не столько по показателям степени крошения почвы, сколько по показателям энерго- и массообмена в почвенном слое, как по непосредственно определяющим урожай.

В будущем роль почвообрабатывающего орудия может быть сведена к средству управления природными потоками энергии и веществ в системе «почва – растение – окружающая среда».

Литература

1. Горячкин, В. П. Теория плуга. Основания для систематического расчета плугов / В. П. Горячкин // Собр. соч.: в 3 т. – М.: Колос, 1965. – Т. 2. – С.104–317.
2. Горячкин, В. П. Теория разрушения материалов / В. П. Горячкин // Собр. соч.: в 3 т. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – С. 525–546.
3. Ветохин, В. И. Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы: дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Ветохин; НТУУ «Киевский политехнический институт», ОАО «ВИСХОМ». – К.-М.: КПИ – ВИСХОМ, 2010. – 284 с.

4. Качинский, Н. А. Физика почвы: в 2 ч. / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч. 1. – 324 с.; 1970. – Ч. 2. – 358 с.
5. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
6. Почвоведение: учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – Ч. 1: Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина [и др.]. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
7. Алтыбаев, А. Н. Об информатизации процессов энергообеспечения сельского хозяйства / А. Н. Алтыбаев // Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых, Астана, Казахстан, 19–20 июня 2017 г. – Алматы, 2017. – Т. 2. – С. 149–151.
8. Алтыбаев, А. Н. Системная интеграция знаний – научная основа создания базы данных / А. Н. Алтыбаев // Известия вузов Кыргызстана. – Бишкек, 2017. – № 5. – Ч. 1. – С. 36–38.
9. Ветохин, В. И. Систематизация свойств почвы как элемент теории проектирования почвообрабатывающих орудий и технологий / В. И. Ветохин // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – Вип. 13 (27). – Кн. 2. – С. 30–38.
10. Бартини, Р. О. О множественности геометрий и множественности физик / Р. О. Бартини, П. Г. Кузнецов // Проблемы и особенности современной научной методологии. – Свердловск: АН СССР, Уральский научный центр, 1979. – С. 54–65.
11. Способ обработки почвы при возделывании пропашных культур: пат. 2044433 РФ, МКИ А 01 В 79/00, 79/02 / А. М. Малиенко, В. И. Ветохин, И. М. Голодный; заявитель В. И. Ветохин. – № 93009904/15; заявл. 19.02.93; опубл. 27.09.95. // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 1995. – № 27.

УДК 631.33

Поступил в редакцию 22.08.2017
Received 22.08.2017

А. Д. Деркач¹, к. т. н., доц., **Д. А. Макаренко¹**, аспирант, **А. Н. Шаповал²**

¹*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепр, Украина*

²*Общество с ограниченной ответственностью «Союз-Композит», г. Днепр, Украина*

e-mail: derkach_dsau@i.ua; fly-makd@yandex.ua

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОВЫШЕННОЙ КОРРЕКТНОСТИ КОПИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

Разработана и внедрена система повышенной корректности копирования почвы для посевных машин, которая позволила повысить темп работ на 10 % и уменьшить затраты на их обслуживание на 25 %.

Ключевые слова: посевные машины, элементы, параллелограмм, копирующий механизм.

A. D. Derkach¹, D. A. Makarenko¹, A. N. Shapoval²

¹*Dnipropetrovsk state agrarian and economic university, Dnepr, Ukraine*

²*Society with limited liability «Soyuz-Composite», Dnepr, Ukraine*

e-mail: derkach_dsau@i.ua; fly-makd@yandex.ua

THE DEVELOPMENT OF THE INCREASED CORRECTNESS SYSTEM OF COPYING OF A SURFACE OF THE SOIL

The system of the increased correctness of copying of the soil for sowing machines is developed and introduced, which has allowed to increase the rate of works by 10 % and to reduce costs of their service by 25 %.

Keywords: sowing machines, elements, parallelogram, the copying mechanism

Актуальность

Украина – одна из самых больших аграрных стран Европы и мира. И приоритетное задание государства – гарантировать продовольственную безопасность, сегодня в нашей стране выполнено.

Анализ технологий и технических средств, задействованных в выращивании ранних зерновых колосовых культур, показал, что одним из сдерживающих и малоисследованных факторов в повышении урожайности и качества зерна является наличие разновозрастных культур в одном хлебостое (12...27 %). Причина получения таких хлебостоев кроется не только в нарушении агротехнологий, но и в несовершенстве конструкций современных посевных машин и комплексов.

Постановка проблемы

Одним из неисследованных и неиспользованных резервов технологичности конструкций посевных машин является значительное повышение равномерности высева семян. Для контроля глубины посева созданы системы копирования поверхности почвы, так называемые пантографы, или параллелограммные системы. Такие системы нуждаются в постоянном мониторинге технического состояния и обслуживании. Как следствие, 10 % времени посевные машины простаивают во время выполнения плановых мероприятий технического обслуживания (ТО).

Анализ конструкций показал, что на нынешнем уровне технического развития ни отечественные (в частности, ПАТ «Ельворти», ООО «Велес-Агро»), ни зарубежные производители высокотехнологичных сельскохозяйственных машин (John Deere, Gaspardo, Kinze) не применяли принцип построения и производства систем копирования поверхности почвы, которые не нуждаются в ТО (таблица 1).

Исходя из приведенных данных (таблица 1), можно утверждать, что предложенные производителями системы ТО современных посевных машин являются трудоемкими. Основной причиной этого является применение в шарнирных соединениях посевных машин металлических пар трения типа «вал-втулка». Такие конструкции способны выдерживать значительные нагрузки, но при условии интенсивной смазки пластичными материалами.

Таблица 1. – Количество подвижных соединений в конструкциях посевных машин, которые требуют ТО во время эксплуатации, и его периодичность

Производитель посевной техники	Марка машины	Рабочая ширина захвата, м	Количество точек обслуживания с периодичностью		
			8–12 ч	15–25 ч	40–50 ч
Great Plains	3S-4010 HD (HDF)	12	94 (115)	9	7
Great Plains	3S-4000 HD	12	22	6	14
Great Plains	Yield-Pro YP2425A-2470	16,8	82	48	68
Great Plains	Centurion CDA600	6	–	–	68
Horsch	Pronto 7/8/9 DC (8 DC PPF)	7,5/8/9 (8)	24	–	29 (27)
Horsch	Maestro 12/24SW	8,4/16,8	–	–	79/127
«Агро-Союз»	«Агро-Союз» Turbosem II 19-60				183
John Deere	Deere Bauer 44/58/60	16,8/22,4/25,2	72/96/108	72/96/108	48/64/72
John Deere	JD 1710/1740	8,4	36	36	24
Amity Technology	Till Drill 4010	12,2	68	–	18
Amity Technology	Till Drill 6015	18,3	100	–	36
Vaderstad	Rapid RDA 600J(800J)	6 (8)	–	–	85 (101)
Vaderstad	Spirit ST 600C(800C)	6 (8)	–	–	66 (500 за)

Невыполнение требований системы ТО приводит к быстрому износу, заклиниванию и выходу из строя подвижных элементов посевной техники, что делает невозможным проведение сева в соответствии с агротехническими требованиями.

Поэтому целью работы является разработка системы повышенной корректности копирования поверхности почвы (СПККПП).

Решение проблемы

Одним из эффективных решений вышеупомянутой проблемы является создание трибосистем, которые не нуждаются в ТО или имеют значительно большую периодичность обслуживания. В них применяются композиционные пластики конструкционного назначения [1, 2].

Проблема разработки и внедрения новых конструкционных пластиков в сельскохозяйственном машиностроении исследовалась многими учеными, в частности Л. М. Абрамовым, А. И. Бурей, Л. М. Крейдлиным, Ю. Ф. Климчуком, И. А. Цурпалом, М. Murgas [3–7] и другими. Исследовались процессы старения пластиков [8] и методы их термообработки [9].

Для решения задач, связанных с разработкой и исследованием свойств новых композиционных материалов (КМ) в подвижных соединениях посевных машин, необходимо проводить полный спектр работ, а именно: теоретические расчеты, стендовые (лабораторные) исследования, корректировки свойств КМ (при необходимости) и производственные испытания.

На основе проведенных расчетов [10, 11] определены реакции и нагрузки, которые возникают в узлах трения механизма копирования поверхности почвы посевного комплекса «Агро-Союз» Turbosem II 19-60.

Оборудование и методики исследований

Для трибологических исследований материалов использовали машину СМЦ-2 по схеме трения «диск-колодка». Температуру в зоне контакта измеряли электронной термпарой Termometer 301 Type K.

Исследования образцов на относительную абразивную стойкость проводили согласно ГОСТ 23.208–79 на специально подготовленном лабораторном оборудовании на базе машины трения СМЦ-2.

Исследования влагопоглощения выполняли согласно ГОСТ 4650–80.

Термическую обработку готовых деталей из углепластиков, для уменьшения влагопоглощения, выполняли по собственной методике [14].

Результаты работы

В межфакультетской проблемной научно-исследовательской лаборатории технического сервиса машин Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета (ДДАЭУ) накоплен значительный опыт создания и всестороннего исследования новых композитных материалов неметаллического происхождения [12] (таблица 2).

Таблица 2. – Основные свойства некоторых композитов, разработанных в ДДАЭУ, и стали 20

Параметр	Название материала и значение		
	СКММ-40Н	СКММ -30М	Сталь 20
Плотность, $г/см^3$	1,14	1,2	7,8
Ударная вязкость, $кДж/м^2$	35	39	140
Предел прочности при сдвливании, $МПа$	166	128–148	410
Коэффициент трения:			
– трение без смазки	0,16–0,24	0,18–0,26	0,75–0,8
– при смазке водой	0,02–0,03	0,06–0,08	–
– при смазке маслом	0,01	0,018–0,03	0,16–0,2
Способность к рециклингу (повторной переработке)	Способны		Неспособна

Разработанные материалы обладают уникальными свойствами (см. таблицу 2) в сравнении с традиционными металлами: высокими температуро- и износостойкостью, низкими коэффициентами трения и удельным весом (в 5 раз меньшим в сравнении со сталями). Кроме того, материалы выделяются значительной коррозионной стойкостью, неспособностью к повреждению металлических смежных деталей. Как видно из таблицы 2, использование стали в данных узлах является неэффективным по сравнению с предложенным материалом из-за неоправданно больших характеристик прочности и высоких коэффициентов трения.

Разработана и внедрена технология модернизации узлов подвижных соединений посевного комплекса «Агро-Союз» Turbosem II 19-60 углепластиковыми на основе алифатических полиамидов (ПА), что позволило уменьшить затраты труда при техническом обслуживании до 25 %

и повысить темп работ до 10 % при качественном выполнении всех агротехнических требований и регламентов [13]. После наработки 9179,5 га посевной комплекс установлен на долговременное хранение на площадке под открытым небом.

При снятии с хранения зазоры в узлах трения были меньше номинальных, что связано с изменением геометрических размеров деталей из углепластиков под действием влаги. Поэтому разработан метод термической обработки готовых деталей [14], что позволяет уменьшить влагопоглощение КМ на 40 % в сравнении с эталоном.

Оптимизирована система допусков и посадок для созданной СПККПП, что позволяет повысить надежность системы в расчете на объем работ до 18–19 тыс. га.

В подвижных соединениях сельскохозяйственных машин, как правило, работают трибосистемы в условиях ограниченной смазки, сухого трения (без смазки) и при наличии абразива. Для определения относительной абразивной стойкости распространенных КМ исследовали шесть марок высокомолекулярных соединений, которые применяются украинскими производителями сельскохозяйственных машин. Образцы изготовлены в соответствии с режимами, приведенными в таблице 3.

Таблица 3. – Режим подготовки материала и изготовления образцов

№ п/п	Название материала	Подготовка материала (режим сушки)		Режим изготовления	
		T, °C	t, год	T, °C	P, МПа
1	Nylon 66	80	3	260–265	12
2	ПА-6-210КС	80	3	250–260	12
3	PA6/6.6 R196-GF30 (rainforced 30 % glass fiber, Black 91410) пр-ва Almaak	80	3	250–260	12
4	Kocetal GF705 пр-ва KOLON PLASTICS	–	–	160–170	12
5	Kocetal K300 пр-ва KOLON PLASTICS	–	–	160–170	12
6	УПА6-30	80	3	250–260	12

В результате лабораторных исследований установлено, что наивысшую износостойкость среди приведенных образцов имеют № 2 и 3 (группа полиамидов), в которых данный показатель более высок соответственно на 2,2 и 9,7 %, чем в № 1 (Nylon 66), и на 22,5 % выше соответствующего показателя наихудшего по значению образца № 4 (Kocetal GF705).

Следовательно, образцы № 2 и 3, по результатам лабораторных исследований, обладают максимальной износостойкостью из предложенных вариантов.

Не рекомендуется применять в качестве абразивостойких материалов образцы группы Kocetal.

Полевые испытания проводились в пос. Майское Днепропетровской области на территории АОЗТ «Агро-Союз». Посевным комплексом «Агро-Союз» Turbosem II 19-60, укомплектованным экспериментальными сошниками, за период с апреля в 2014 г. по октябрь в 2016 г. выполнен объем работы 17521 га.

Выводы

Разработаны композиционные материалы неметаллического происхождения, которые обладают уникальными свойствами в сравнении с традиционными металлами: высокими температуро- и износостойкостью, низким коэффициентом трения 0,16...0,26 (0,75...0,8 для стали 20) и удельным весом, в 5 раз меньшим в сравнении со сталями.

Обеспечена стабильная работа подвижных соединений машин и механизмов, которые работают в условиях трения без смазки и при незначительном количестве абразива, путем применения полимерных композитов типа УПА-6-30(40), модифицированных в ДДАЭУ, которые при нагрузке $P = 0,5 \text{ МПа}$ и скорости скольжения $V = 0,785 \text{ м/с}$ обеспечивают минимальный коэффициент трения ($f_{TP} = 0,16$) и температуру в зоне трения ($T = 44^\circ \text{ C}$).

Разработана и внедрена технология модернизации узлов подвижных соединений посевного комплекса «Агро-Союз» Turbosem II 19-60 углепластиковыми на основе алифатических полиами-

дов. Применение модифицированных нами КМ в конструкциях СПККПП позволило повысить темп работ на 10 %, обеспечить укладку семян с точностью $\pm 0,5$ см от установленной глубины, уменьшить затраты на обслуживание на 25 %. Как следствие, количество однолетних растений выросло в среднем с 73...85 % до 88...92 %. Это обеспечило стойкое повышение урожайности, например, пшеницы озимой на 0,3...0,6 т/га на разных агрофонах и севооборотах.

Разработанные мероприятия, методики и технологии могут быть адаптированы для любой сельскохозяйственной машины с системой копирования поверхности почвы типа «пантограф», или «параллелограмм».

Литература

1. Деркач, О. Д. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів: наукові рекомендації / О. Д. Деркач, О. І. Буря. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 71 с.
2. Деркач, О. Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / О. Д. Деркач; Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2006. – 20 с.
3. Абрамов, Л. М. Состояние и перспективы применения и изготовления пластмассовых деталей тракторов и сельхозмашин / Л. М. Абрамов, Л. М. Крейдлин, Ю. Ф. Климчук // Применение полимерных материалов в сельскохозяйственных машинах: тез. докл. всесоюз. научн.-техн. семинара. – Ростов н/Д, 1980. – Ч. I. – С. 4–7.
4. Абрамов, С. К. Полимерные материалы в сельскохозяйственном машиностроении: монография / С. К. Абрамов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 225 с.
5. Цурпал, И. А. Перспективы снижения металлоемкости и повышения надежности сельскохозяйственной техники / И. А. Цурпал // Научно-технический прогресс в машиностроении. – М.: МЦНТИ, 1987. – Вып. 1: Композиц. материалы. – С. 18–32.
6. Murgas, M. Износостойкие материалы для сельскохозяйственного машиностроения / M. Murgas // Mech. Zemed. – 1990. – Vol. 40, № 10. – P. 451–453.
7. Burya, A. I. Tribological characteristics of carbon plastics on the basis of polyamide / A. I. Burya, A. A. Burya, S. A. Cherepov, T. I. Rybak. // Journal of the Balkan Tribological Association. – 1996. – Vol. 2, No 3. – С. 153–160.
8. Павлов, Н. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях: монография / Н. Н. Павлов. – М.: Химия, 1982. – 220 с.
9. Кестельман, Н. Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении / Н. Я. Кестельман. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 266.
10. Деркач, О. Д. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань / О. Д. Деркач, М. М. Науменко, Д. О. Макаренко [та ін.]. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2015. – № 159. – С. 186–193.
11. Науменко, М. М. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях / М. М. Науменко, О. Д. Деркач, Д. О. Макаренко. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2017. – № 181. – С. 267–274.
12. Деркач, О. Д. До питання технологічності отримання деталей з полімерних композитів для посівної техніки / О. Д. Деркач, В. В. Артемчук, Є. С. Муранов. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2017. – № 181. – С. 157–166.
13. Derkach, A. The use of carbon plastics in wide-sowing machines / A. Derkach, D. Makarenko, N. Naumenko // Agricultural machinery [Електронний ресурс]. – 2015. – V. 1. – P. 82–85. – Режим доступа: <http://www.agrimachinery.net/proceedings.html>. – Дата доступа: 10.07.2017.
14. Кобець, А. С. Decreasing the enigation influence on composite materials / А. С. Кобець, А. Д. Деркач, Д. А. Макаренко [та ін.]. – Scientific Technical Union of Mechanical Engineering, Year XXIV. ISSUE 16 (202), Varna, Bulgaria, June 2016. – P. 13–16.

Э. В. Дыба, к. т. н., Ю. Л. Салапура, к. т. н., доц.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: dibua-18@mail.ru; salapura.yurii@mail.ru*

ОБЗОР И АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА

В статье приведен обзор и анализ известных способов внесения жидкого навоза, представлены технические средства и проанализированы технологии внесения.

Ключевые слова: жидкий навоз, машины для внутрипочвенного и поверхностного внесения, мобильные агрегаты, дождевальные установки, прямооточная технология, перевалочная технология, перегрузочная технология, комбинированная технология.

E. V. Dyba, Y. L. Salapura

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: dibua-18@mail.ru; salapura.yurii@mail.ru*

REVIEW AND ANALYSIS OF THE KNOWN WAYS OF LIQUID MANURE APPLICATION

The review and analysis of the known ways of liquid manure application is provided in the article, technical means are presented and technologies of introduction are analyzed.

Keywords: liquid manure, in-soil and surfacing machines, mobile units, water sprinklers, direct-flow technology, transshipment technology, reloading technology, the combined technology.

В Республике Беларусь действует более 200 животноводческих комплексов по производству молока, говядины и свинины. Общий годовой выход экскрементов примерно равен 50,0 млн тонн, из которых около 20 млн тонн составляет жидкий навоз (ЖН) [1]. Количество навоза, получаемого на животноводческих фермах и комплексах, зависит от многих факторов: породы, возраста и пола животных, типа и интенсивности кормления, способа содержания животных, объема технологически неизбежных отходов воды, поступающих в навоз, технологии удаления и накопления навоза. В процессе накопления и хранения навоза количество его также изменяется в зависимости от способа хранения, типа хранилищ, природно-климатических условий, времени года и т. п. [2, с. 4].

Фактическое количество жидкого навоза на комплексах превышает расчетные значения в 2–3 раза, а иногда и более. Объясняется это, прежде всего, несовершенством применяемых систем удаления навоза из помещений (для повышения надежности работы в каналы добавляются воду), а также несовершенством и низким уровнем профилактического ремонта высоконапорных поилок, попаданием в каналы воды при мойке помещений и животных.

Внесение жидкого навоза осуществляют внутрипочвенным и поверхностным способами. Внутрипочвенное внесение выполняется специальными комбинированными машинами, поверхностное – дождевальными установками и мобильными машинами (цистернами-разбрасывателями) [3, с. 22; 4, с. 102–103; 5, 6–10].

Классификация способов внесения жидкого навоза представлена на рисунке 1.

Поверхностное внесение. Для поверхностного внесения жидкого навоза, как отмечалось выше, применяются дождевальные установки и мобильные машины (цистерны-разбрасыватели).

Дождевальные установки. В хозяйствах, практикующих орошаемое земледелие, вносят навоз совместно с поливной водой дождеванием. В этом случае оросительную сеть и дождевальную технику используют как для полива чистой водой, так и для проведения поливов с жидким навозом.

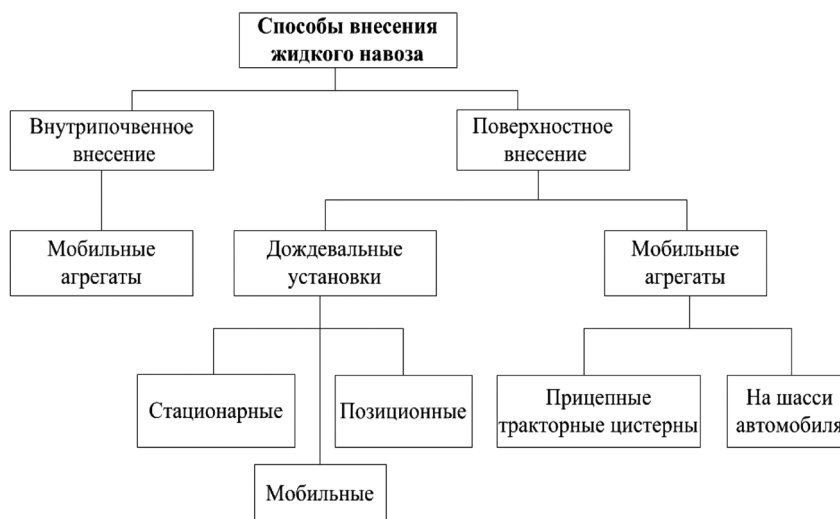


Рисунок 1. – Классификация способов внесения жидкого навоза [11, с. 23]

Для проведения дождевания предварительно необходимо осуществить подготовку жидкого навоза: отделение грубых механических и волокнистых включений, обеззараживание, дегельминтизацию, дезодорацию, гомогенизацию (перемешивание), разбавление водой.

Существуют следующие виды дождевальных установок: мобильные, позиционные и стационарные [6–10].

Мобильные дождевальные установки могут быть двух видов: барабанно-шланговые и ствольные. Барабанно-шланговые дождевальные установки подразделяются на: установки с движущимся дождевателем и со сменой позиции (когда дождевальный аппарат с большой плотностью орошения на выносных стрелах устанавливается на самой машине).

Позиционные дождевальные установки подразделяются на пролетные и двухконсольные. В свою очередь, пролетные дождевальные устройства делятся на полосовые, круговые и фронтальные. При использовании позиционного варианта разборный трубопровод находится на одном месте, эксплуатация его упрощается, но для этого требуются разборный трубопровод большей протяженностью (в 4–6 раз), чем при стационарном способе, и дополнительная арматура.

Стационарные дождевальные устройства подразделяются на автоматизированные системы с дождевальными аппаратами типа ДД, системы синхронного импульсного дождевания и системы мелкодисперсного дождевания.

Внесение жидкого навоза с помощью дождевальных установок имеет следующие недостатки:

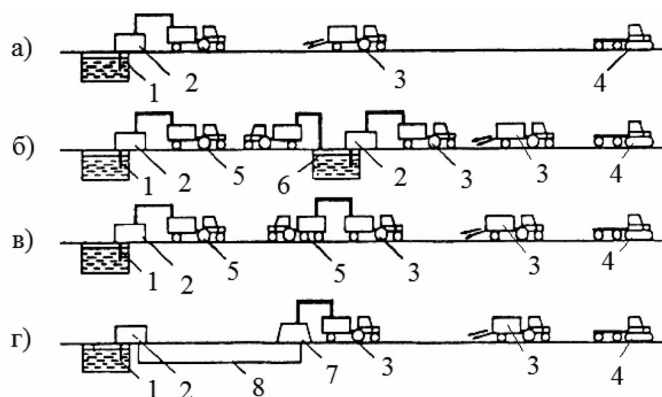
- дождевание является источником неприятных запахов, которые распространяются на значительные расстояния;
- дождевание нельзя осуществлять вблизи водоемов, рек, озер;
- при дождевании жидким навозом ухудшается впитывающая способность почвы, это приводит к образованию луж и поверхностного стока, вследствие чего загрязняется поверхностный слой почвы и наблюдается его снос;
- дождевание является сильнейшим загрязнителем почвы, грунтовых вод и растений болезнетворными микробами и нитратами.

Кроме того, по данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, на 1 января 2017 года в стране насчитывалось 217 дождевальных установок [12]. Этого количества дождевальных установок недостаточно, чтобы внести жидкий навоз с действующих животноводческих комплексов.

Мобильные машины (цистерны-разбрасыватели). Технология производства работ при поверхностном внесении ЖН включает следующие основные операции: погрузку, транспортирование, внесение и заделку удобрений в почву.

Поверхностное внесение жидкого навоза мобильными машинами осуществляют по следующим технологиям (рисунок 2): прямоточной, перевалочной, перегрузочной и комбинированной.

По прямоточной технологии внесения (рисунок 2а) цистерны-разбрасыватели из прифермского навозохранилища загружаются жидким навозом самозагрузкой, стационарными (насосные установки) или мобильными погрузчиками жидких удобрений, после чего транспортируют навоз к месту внесения и распределяют его там. После внесения жидкий навоз заделывают в почву. Прямоточная технология внесения навоза применяется и является рентабельной при радиусе перевозки от 2 до 10 км.



а) прямоточная; б) перевалочная; в) перегрузочная; г) комбинированная

1 – навозохранилище; 2 – насос для жидкого навоза; 3, 5 – мобильное средство для внесения жидкого навоза; 4 – трактор с почвообрабатывающим орудием; 6 – полевое хранилище жидкого навоза; 7 – гидрант заправочный; 8 – навозопровод

Рисунок 2. – Технологии поверхностного внесения жидкого навоза

По перевалочной технологии (рисунок 2б) цистерны-разбрасыватели из прифермского навозохранилища загружаются жидким навозом самозагрузкой, стационарными (насосные установки) или мобильными погрузчиками жидких удобрений. Далее его транспортируют на поле и выгружают в полевые навозохранилища или в мобильный полевой компенсатор. В установленные сроки внесения навоз из полевого навозохранилища или компенсатора загружают в цистерну-разбрасыватель и распределяют по полю с последующей заделкой почвообрабатывающими орудиями.

Перегрузочная технология внесения жидкого навоза (рисунок 2в) в отличие от прямоточной обуславливает необходимость погрузки на поле навоза из транспортной машины в технологическую (цистерну-разбрасыватель).

Комбинированная технология внесения жидкого навоза (рисунок 2г) предусматривает применение трубопровода и цистерн-разбрасывателей, включает в себя подачу и транспортирование жидких удобрений по трубопроводу, загрузку цистерн-разбрасывателей через заправочные гидранты, доставку удобрений машинами к месту внесения, перемешивание удобрений в машине, распределение по поверхности поля, промывку трубопроводной системы водой, заделку удобрений в почву.

Внесение жидкого навоза поверхностным способом имеет ряд недостатков:

- поверхностное внесение жидкого навоза сопровождается выделением неприятных запахов, которые распространяются на значительные расстояния;

- при поверхностном внесении жидкого навоза классическим разбрызгиванием потери аммиачного азота достигают 90 %, а при использовании штанговых машин со шлангами-понижителями – около 30 % [13, с. 58];

- поверхностное внесение жидкого навоза нельзя осуществлять вблизи водоемов, рек, озер;

- при поверхностном внесении жидкого навоза ухудшается впитывающая способность почвы, это приводит к образованию луж и поверхностного стока, вследствие чего загрязняется поверхностный слой почвы и наблюдается его смыв.

Способ поверхностного внесения жидкого навоза вследствие неизбежных потерь аммиачного азота и возможного смыва его в водоемы не может найти повсеместного применения.

Внутрипочвенное внесение жидкого навоза. В последнее время в связи с ужесточением требований к защите окружающей среды наряду с поверхностным внесением жидкого навоза все больше находит применение внутрипочвенный способ внесения. Данный способ позволяет существенно снизить потери элементов питания за счет уменьшения испарения аммиачного азота и лучшей его усвояемости растениями, уменьшить загрязнение окружающей среды и устранить запах в сравнении с поверхностным способом внесения.

Все известные агрегаты для внутрипочвенного внесения жидкого навоза, в принципе, имеют аналогичное устройство. Они состоят из цистерны, вакуумного и нагнетательного насоса, роторного распределителя, напорного трубопровода, разливочных шлангов, заделывающих рабочих органов.

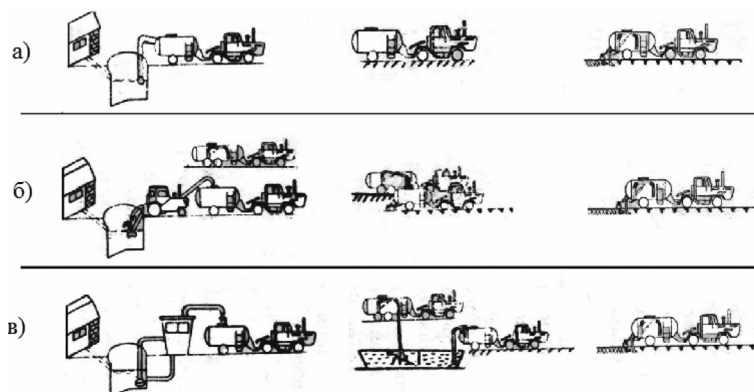
Внутрипочвенное внесение жидкого навоза может выполняться по прямоточной, перегрузочной, перевалочной технологиям с использованием транспортировщиков-перегрузчиков и мобильных бункеров-компенсаторов (рисунок 3) [2, с. 274–275; 3, с. 37].

Технологический процесс агрегата для внутрипочвенного внесения жидкого навоза заключается в следующем: во время работы рабочие органы подрезают пласт почвы, образуя в ней щели, полосы или канавки, в которые одновременно подается навоз через рукава после разделения потока делительной головкой.

Технологии внутрипочвенного внесения жидкого навоза, которые, на наш взгляд, должны найти применение в сельскохозяйственном производстве, способствуют увеличению периода и объема его использования. Они осуществляются одновременно со вспашкой, глубоким рыхлением, лущением и другими видами почвообработки.

На международном рынке сельскохозяйственной техники представлен широкий спектр машин для внутрипочвенного внесения жидкого навоза, используемого в качестве органического удобрения. Основными фирмами, производящими эти машины, являются Joskin (Бельгия), Kaweco (Нидерланды), Bauer (Австрия), VMR Veenhuis (Нидерланды), Tezborg Agro (США – Канада), Samson Agro (Дания), Zunhammer (Германия), Fliegl (Германия), Pichon (Франция), Maugum Citagri (Франция), Sodimac (Франция) [14–19].

Процесс внутрипочвенного внесения жидкого навоза более энергоемок по сравнению с поверхностным внесением, так как он осуществляется одновременно с почвообработкой. Однако повышенные затраты окупаются дополнительной прибавкой урожая (10–15 %) сельскохозяйственных культур. При подаче жидкого навоза непосредственно в почву эффективно используется до 90 % аммиака, при этом в 7–10 раз снижаются потери питательных веществ за счет устранения поверхностного стока и испарения аммиачного азота [13, с. 58; 20, с. 3], что ведет к уменьшению загрязнения окружающей среды и предотвращению заражения кормовых культур гельминтами, патогенными и другими вредоносными бактериями.



а) прямоточная; б) перегрузочная, с использованием транспортировщика-перегрузчика; в) перевалочная, с использованием емкости полевой

Рисунок 3. – Технологические схемы внутрипочвенного внесения жидкого навоза

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2016. – 229 с.
2. Назаров, С. И. Механизация обработки и внесения органических удобрений: учебное пособие для с.-х. вузов по специальности «Механизация животноводства» / С. И. Назаров, В. А. Шаршунов. – Минск: Ураджай, 1993. – 296 с.
3. Типовая технология применения жидких органических удобрений. – М.: Колос, 1983. – 52 с.
4. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения: предисл. и пер. с нем. П. Я. Семенова. – М.: Колос, 1978. – 271 с.
5. Экологически безопасная, ресурсосберегающая технология применения жидких органических удобрений в системе точного земледелия / Г. И. Личман [и др.] // *Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения*. – Санкт-Петербург, 2011. – Т. 3: Экологические аспекты производства продукции животноводства; энергообеспечение и информационные технологии в сельском хозяйстве. – С. 24–31.
6. Тиво, П. Ф. Эффективное использование бесподстилочного навоза / П. Ф. Тиво, С. Г. Дробот. – Минск: Ураджай, 1988. – 165 с.
7. Басаревский, А. Н. Орошение сельскохозяйственных культур барабанно-шланговой дождевальной установкой с компенсацией гидравлических потерь в водопроводящей системе: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Н. Басаревский. – Минск, 2009. – 180 с.
8. Лебедев, Б. М. Дождевальные машины / Б. М. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.
9. Постелов, А. М. Дождевание / А. М. Постелов. – М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1952. – 158 с.
10. Способы и техника полива / В. М. Романов // *Перспективная техника и способы полива* / В. М. Романов [и др.]. – М., 1974. – С. 5–43.
11. Подшиваленко, И. В. Повышение равномерности внесения жидких органических удобрений обоснованием параметров штанговой распределяющей системы: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И. В. Подшиваленко. – Горки, 2006. – 177 с.
12. Наличие сельскохозяйственной техники, машин, оборудования и энергетических мощностей в Республике Беларусь на 1 января 2017 года. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2017. – 56 с.
13. Попробуйте органику! Современные технологии внесения в почву отходов животноводства // *Новое сельское хозяйство*. – 2009. – № 2. – С. 58–63.
14. Современное состояние и тенденции развития сельскохозяйственной техники (По материалам Международной выставки «SIMA-2005»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2005. – 224 с.
15. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2004. – 144 с.
16. Инновационная сельскохозяйственная техника на 9-й российской агропромышленной выставке «Золотая осень»: науч.-ан. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2008. – 176 с.
17. Перспективная техника для АПК (По материалам Первой Международной специализированной выставки сельхозтехники «Агросалон»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2009. – 360 с.
18. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (По материалам Международной выставки «SIMA-2007»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2007. – 308 с.
19. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства (По материалам международных выставок «SIMA-2009», «Agritechnica-2009», «Золотая осень-2009», «Агросалон-2009»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. – 289 с.
20. Технология внутривнесения жидких органических удобрений. – М.: Колос, 1987. – 60 с.

Э. В. Дыба, к. т. н., Ю. Л. Салапура, к. т. н., доц.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: dibua-18@mail.ru; salapura.yurii@mail.ru*

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЦЕССУ И МАШИНАМ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА

В статье представлены основные требования к процессу и машинам для внутрипочвенного внесения жидкого навоза.

Ключевые слова: жидкий навоз, внесение, технологичность, надежность, универсальность, степень унификации и взаимозаменяемости, показатели экономической эффективности, эргономические показатели, показатели технической эстетики.

E. V. Dyba, Y. L. Salapura

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: dibua-18@mail.ru; salapura.yurii@mail.ru*

THE MAIN REQUIREMENTS TO PROCESS AND MACHINES FOR IN-SOIL APPLICATION OF LIQUID MANURE

The main requirements to process and machines for in-soil application of liquid manure are presented in article.

Keywords: liquid manure, introduction, technological effectiveness, reliability, universality, extent of unification and interchangeability, indicators of economic efficiency, ergonomic indicators, indicators of an industrial art.

Накапливаемый на животноводческих комплексах и фермах жидкий навоз представляет собой сложную гетерогенную систему, состоящую из твердых и жидких выделений животных, остатков корма, технологической воды, а также газов, образующихся в результате биохимических процессов, протекающих в навозе. Количество и качество жидкого навоза зависят от вида и возраста животных, типа кормления, продолжительности стойлового периода и технологии удаления навоза из помещения.

Наряду с обеспечением растений питательными элементами, навоз является существенным источником органического вещества, он улучшает физические, химические и биологические свойства почвы (влагоемкость, способность к накоплению питательных веществ в структуре почвы, фитопатогенные защитные свойства). В жидком навозе от 50 до 70 % азота находится в аммонийной форме, вследствие чего он хорошо усваивается растениями в первый же год, но только при создании условий, препятствующих его испарению.

На практике внесение жидкого навоза осуществляют, как правило, внутрипочвенным и поверхностным способами. Внутрипочвенное внесение выполняется специальными комбинированными машинами, поверхностное – дождевальными установками и мобильными машинами (цистернами-разбрасывателями) [1, с. 22; 2, с. 102–103; 3, 4].

Способ поверхностного внесения жидкого навоза вследствие неизбежных потерь аммиачного азота и возможного смыва в водоемы не находит повсеместного применения. В мировой практике наиболее перспективным является внутрипочвенное внесение жидкого навоза, несмотря на то, что данный процесс наиболее энергоемок по сравнению с поверхностным внесением, так как он осуществляется одновременно с почвообработкой. Однако повышенные затраты на выполнение технологического процесса гарантированно окупаются дополнительной прибавкой урожая (10–15 %) сельскохозяйственных культур. При подаче жидкого навоза непосредственно в почву эффективно используется до 90 % аммиачного азота, при этом в 7–10 раз снижаются потери питательных веществ за счет устранения поверхностного стока и испарения аммиачного азота [5, с. 58; 6, с. 3], что ведет к уменьшению загрязнения окружающей среды и предотвращению заражения

кормовых культур гельминтами, патогенными и другими вредоносными бактериями. Последнее весьма актуально из-за постоянного ужесточения экологических стандартов как у нас в стране, так и за рубежом. В связи с этим возникает необходимость изучения и анализа основных требований к процессу и машинам для внутрпочвенного внесения жидкого навоза с целью повышения эффективности его использования.

Главное требование к вносимому жидкому навозу – это гарантированное его обеззараживание. Жидкий навоз является потенциальным источником загрязнения окружающей среды, заражения животных и людей, так как содержит огромное количество различных микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов. В навозе, полученном от заразнобольных животных, содержатся возбудители этих болезней, многие из которых в течение длительного времени сохраняют свою жизнеспособность. Внесение жидкого навоза в почву допускается после его карантинирования в хранилищах в течение не менее шести суток [6, с. 4; 7–9]. Если в течение этого времени в жидком навозе не зарегистрированы возбудители опасных заболеваний животных, то его можно вносить на поля. Инвазированный жидкий навоз перед использованием обеззараживают по указанию государственной ветеринарной службы (с учетом вида возбудителя заболевания) или выдерживают в хранилище в течение 6 (навоз КРС) или 12 (свиной навоз) месяцев. Контроль ветеринарно-санитарного состояния жидкого навоза проводится штатными ветеринарными службами комплексов и ферм.

Дозы внесения жидкого навоза. Количество используемого жидкого навоза, подготовленного к внесению, определяется видом удобряемой культуры, типом почвы и содержанием в ней питательных элементов (N, P, K). Среднегодовая норма азота, вносимого с жидким навозом без опасения ухудшения качества урожая и поедаемости кормов, может составлять не более 200 кг/га, а при орошении – 300 кг/га. Максимальная годовая норма вносимого с жидким навозом азота не должна превышать 360 кг/га [3, с. 5; 10].

Предъявляемые к машинам для внутрпочвенного внесения жидкого навоза требования можно представить в виде совокупности показателей, которые они должны обеспечить:

- технологичность;
- надежность;
- универсальность;
- степень унификации и взаимозаменяемости;
- показатели экономической эффективности;
- эргономические показатели;
- показатели технической эстетики.

Технологичность включает в себя ряд агротехнических требований, непосредственно связанных с выполнением технологической операции внутрпочвенного внесения жидкого навоза, таких как [11, с. 124–127]:

- внесение жидкого навоза на глубину хода рабочих органов;
- в зоне прохода стоек рабочих органов не должны оставаться незаделанные удобрения массой более чем 5 % от дозы, отнесенной на 1 м длины прохода агрегата;
- ходовые колеса агрегата не должны перемещаться по фону с внесенным жидким навозом, не допускается выдавливание жидкого навоза на поверхность почвы ходовыми колесами агрегата;
- агрегат должен обеспечивать внесение жидкого навоза дозами от 20 до 60 т/га (влажностью 90–94 %) с интервалами 10 т/га при рабочей скорости движения от 6 до 12 км/ч;
- нестабильность дозы – не более ± 10 %;
- неравномерность подачи жидкого навоза на рабочей ширине не должна быть более ± 25 %;
- глубина внесения жидкого навоза должна быть регулируемой;
- неравномерность хода рабочих органов не должна превышать ± 2 –3 см;
- подача жидкого навоза в почву должна начинаться в момент полного заглубления рабочих органов и прекращаться в момент выхода их из почвы;
- агрегат должен обеспечивать самозагрузку емкости из навозохранилищ, а также загрузку с помощью стационарных или мобильных технических средств;

- заделывающие рабочие органы машины должны обеспечить образование полости для размещения требуемой дозы жидкого навоза;
- обеспечение ровной поверхности поля после прохода агрегата;
- остаточное количество жидкого навоза в цистерне машины после ее опорожнения не должно превышать 1,5 %.

Надежность – это свойство машины выполнять заданные технологические функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей (производительность, безотказность) в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования (ГОСТ 13377–75 [12]).

Унификация деталей, узлов и агрегатов машин для внутрипочвенного внесения жидкого навоза в условиях рыночной экономики является одним из основных путей повышения конкурентоспособности сельскохозяйственных машин, которая может быть достигнута путем уменьшения себестоимости их производства.

Эргономика и техническая эстетика имеют особую значимость на современном этапе развития науки и техники. Требования эргономики, такие как физиологические и гигиенические показатели, удобство в работе, являются основой научного поиска, поскольку наука всегда должна работать на человека. Внешний вид машины тесно связан с эргономикой и относится к показателям технической эстетики.

Показателям *экономической эффективности* также необходимо уделять особое внимание на этапе исследования и утверждения идей о создании машины. Неправильное принятие решений на этом этапе с ошибкой в один рубль может привести к тысячекратным убыткам в процессе эксплуатации.

Современные разрабатываемые машины должны обладать *универсальностью*, то есть быть работоспособными на различных почвенных фонах и удовлетворять при этом агротехническим требованиям.

Разработка технических средств для внутрипочвенного внесения жидкого навоза, соответствующих вышеперечисленным требованиям, позволит рационально использовать жидкий навоз при соблюдении действующих экологических стандартов.

Литература

1. Типовая технология применения жидких органических удобрений. – М.: Колос, 1983. – 52 с.
2. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения: предисл. и пер. с нем. П. Я. Семенова. – М.: Колос, 1978. – 271 с.
3. Экологически безопасная, ресурсосберегающая технология применения жидких органических удобрений в системе точного земледелия / Г. И. Личман [и др.] // *Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения*. – СПб, 2011. – Т. 3: Экологические аспекты производства продукции животноводства; энергообеспечение и информационные технологии в сельском хозяйстве. – С. 24–31.
4. Тиво, П. Ф. Эффективное использование бесподстилочного навоза / П. Ф. Тиво, С. Г. Дробот. – Минск: Ураджай, 1988. – 165 с.
5. Попробуйте органику! Современные технологии внесения в почву отходов животноводства // *Новое сельское хозяйство*. – 2009. – № 2. – С. 58–63.
6. Технология внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений. – М.: Колос, 1987. – 60 с.
7. Удобрения. Термины и определения: ГОСТ 20432–83. – Введ. 01.07.1984. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. – 16 с.
8. Рекомендации по применению подстилочного навоза и других местных органических удобрений. – М.: Колос, 1977. – 17 с.
9. Навоз жидкий. Ветеринарно-санитарные требования к обработке, хранению, транспортированию и использованию: ГОСТ 26074–84 (СТ СЭВ 2705–80). – Введ. 30.06.1984. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. – 4 с.
10. Агрономические рекомендации по подготовке и использованию бесподстилочного навоза для удобрения. – М.: Колос, 1982. – 16 с.
11. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины / ЦНИИТЭИ. – М., 1982. – Т. 30. – 296 с.
12. Ермолов, Л. С. Основы надежности сельскохозяйственной техники / Л. С. Ермолов, В. М. Кряжков, В. Е. Черкун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 271 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений).

М. М. Константинов, д. т. н., проф., **И. Н. Глушков**, к. т. н., доц., **А. Л. Осипов**, соискатель

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, Российская Федерация
e-mail: miconsta@yandex.ru; i-n-g2012@yandex.ru; osipovalexsandr9556@gmail.com*

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРЦИОННОЙ ЖАТКИ НА УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Обоснована методика оценки экономической эффективности использования порционной жатки на уборке зерновых при низкой урожайности. Проведена сравнительная оценка экономических показателей работы порционной и серийной валковых жаток. Полученные данные доказывают преимущества порционной жатки перед серийными машинами.

Ключевые слова: уборка зерновых культур, порционная жатка, годовой экономический эффект, срок окупаемости, экономическая эффективность, уменьшение потерь зерна.

M. M. Konstantinov, I. N. Glushkov, A. L. Osipov

*Federal state budgetary educational institution of Higher professional education
Orenburg state agrarian University, Orenburg, Russian Federation
e-mail: miconsta@yandex.ru; i-n-g2012@yandex.ru; osipovalexsandr9556@gmail.com*

ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION OF A PORTION OF THE HEADER FOR HARVESTING OF GRAIN CROPS IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN URAL

The technique of estimation of economic efficiency of use of a portion of the header in harvesting grain crops with low yields. The comparative assessment of economic performance of batch and serial windrowers findings prove the benefits portion of the header prior to serial machines.

Keywords: cereal harvesting, batch header, the annual economic impact, payback period, economic efficiency, reducing losses of grain.

Экономическую эффективность новых технологий и техники устанавливают путем оценки размера экономического эффекта по новому варианту в сравнении с базовым [1, 2, 3].

Согласно ГОСТ Р 53056–2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки», если новая машина предназначена для замены конкретной существующей, то экономическая оценка проводится в сравнении с ней. В качестве базы сравнения нами принималась валковая жатка ЖВН-6 как одна из наиболее распространенных машин. Для получения объективных результатов сравнительные испытания жаток проведены в одно и то же время, на одном поле, по одной методике.

Годовой экономический эффект новой техники представляет собой суммарную экономию всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получает народное хозяйство в результате производства и использования новой техники и которая в конечном счете выражается в увеличении национального дохода.

При учете всего комплекса факторов годовой экономический эффект от использования порционной жатки определяют по формуле [4, 5]:

$$\Theta = \left(\frac{C_H \cdot A_H - C_H^A}{A_H} - \frac{C_B \cdot A_B - C_B^A}{A_B} \right) \cdot A_H,$$

где C_H^A , C_B^A – себестоимость производства всей продукции по новому и базовому вариантам, руб.; C_H , C_B – стоимость единицы продукции в новом и базовом вариантах, руб.; A_H , A_B – годовой объем произведенной продукции по новому и базовому вариантам, кг.

По экономии приведенных затрат и с учетом прироста валового объема продукции, в соответствии с ГОСТ Р 53056–2008, годовой экономический эффект от применения порционной жатки рассчитывают по формуле:

$$\mathcal{E} = [(C_B + E_H \cdot K_B) - (C_H + E_H \cdot K_H) + (Ц_H - Ц_B)] \cdot A_H,$$

где C_B, C_H – себестоимость единицы продукции по базовому и новому вариантам, руб.; $E_H = 0,15$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; K_B, K_H – удельные (на единицу продукции) капитальные вложения в базовом и новом вариантах, руб.

Издержки производства по базовому и новому вариантам определяются по формуле [4, 6]:

$$C = П_3 + K_3,$$

где $П_3$ – прямые затраты, руб.; K_3 – косвенные затраты, руб.

Прямые (эксплуатационные) затраты определяются по формуле:

$$П_3 = З + А + Р + С_Г,$$

где $З$ – оплата труда механизаторов за выполнение единицы работы, руб.; $А$ – амортизационные отчисления на эксплуатацию машин (реновацию), руб.; $Р$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт (отчисления в ремонтный фонд), руб.; $С_Г$ – стоимость ГСМ, руб.

Составляющие прямых затрат определяются по следующим формулам:

$$З = \frac{T_3 \cdot \kappa_{П} \cdot \kappa_{Н}}{W},$$

$$А = \frac{B \cdot a}{T_{ГОД} \cdot W \cdot 100};$$

$$Р = \frac{B \cdot a_T}{T_{ГОД} \cdot W \cdot 100};$$

$$С_Г = Г \cdot Ц_Г,$$

где T_3 – часовая тарифная ставка в соответствии с тарифной сеткой, руб.; $\kappa_{П} = 1,9$ – коэффициент, учитывающий надбавки, доплаты и премии (классность, стаж, качество работы, уральские, доплата за продукцию и т. д.); $\kappa_{Н} = 1,35$ – коэффициент, учитывающий начисления на зарплату (отчисления в фонд медицинского страхования, фонд занятости, социального обеспечения и др.); W – производительность агрегата, га/ч; B – балансовая стоимость машины, руб.; a, a_T – норма амортизационных отчислений на реновацию и соответственно норматив отчислений в ремонтный фонд, %; $T_{ГОД}$ – годовая загрузка машины, ч; $Г$ – расход топлива, кг/га; $Ц_Г$ – комплексная цена топлива, руб. за 1 кг.

Косвенные затраты определяются по формуле:

$$K_3 = \kappa \cdot (З + А + Р),$$

где $\kappa = 0,15$ – коэффициент для расчета косвенных затрат.

Капитальные вложения в обоих вариантах рассчитываются по формуле:

$$K = \sum \frac{B}{T_{ГОД} \cdot W}.$$

Стоимость единицы продукции в новом и базовом вариантах определяется по формуле [5, 6]:

$$Ц = У \cdot C_{П},$$

где $У$ – урожайность, ц/га; $C_{П}$ – закупочная цена единицы продукции в новом и базовом вариантах, руб./ц.

Срок окупаемости новой машины определяется по формуле, лет:

$$T_{ок} = \frac{B_H}{\Theta},$$

где B_H – балансовая цена новой машины, руб.

Балансовая цена новой машины определялась по методу сопоставимых масс:

$$B_H = B_B \cdot \frac{G_H}{G_B},$$

где B_B – балансовая цена базовой машины, руб.; G_B – масса базовой машины, кг; G_H – масса новой машины, кг.

Из таблицы 1 видно, что новое орудие обеспечивает более высокую эффективность производства зерновых культур по сравнению с серийными жатками, что, в частности, достигается путем снижения потерь зерна.

Таблица 1. – Сравнительная оценка экономической эффективности при использовании МТА с жаткой ЖВН-6 (базовый вариант) и с экспериментальной порционной жаткой (предлагаемый вариант)

Наименование экономического показателя	Размер экономического показателя	
	Существующий вариант механизации	Предлагаемый вариант механизации
Себестоимость, руб./га	5827,92	6123,77
Чистый доход, руб./га	2412,08	5286,23
Прибыль, руб./ц	126,71	213,820
Удельные капиталовложения, руб./га	8675,14	8737,66
Дополнительные капитальные вложения, руб./га	–	96,52
Уровень рентабельности, %	27,41	53,86
Рентабельность по капиталовложениям, %	26,41	54,13
Средний прирост прибыли от снижения потерь зерна, руб./га	–	621,35
Приведенные затраты, руб./га	6984,19	7094,67
Трудоемкость, чел.-ч/ц	0,34	0,27
Средняя цена реализации продукции, руб./т	8600	
Средний объем зерна, получаемого при снижении потерь в сравнении с базовыми жатками, кг/га	–	89,5
Годовая прибыль от уменьшения потерь зерна, тыс. руб.	–	224,70
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	–	324,11
Срок окупаемости, лет	–	1,4

Ожидаемый годовой экономический эффект (в сравнении с жаткой ЖВН-6) в расчете на 1000 га составил 324,11 тыс. рублей на один агрегат. Предполагаемый срок окупаемости одной валковой порционной жатки составляет 1,4 года. Годовая прибыль от уменьшения потерь зерна – 224,7 тыс. рублей на один агрегат.

Таким образом, новое орудие – порционная жатка – обеспечивает более высокую эффективность производства продукции растениеводства по сравнению с серийными машинами.

Литература

1. Джамбуршин, А. Ш. Колосоуборочные машины и механизмы / А. Ш. Джамбуршин. – Алма-Ата: Кайнар, 1977. – 152 с.
2. Проектирование и организация эффективного процесса уборки зерновых культур / М. М. Константинов [и др.] // Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011. – 152 с.
3. Старцев, А. С. Техничко-экономическая оценка работы зерноуборочного комбайна с решетом с регулируемыми отверстиями на уборке подсолнечника / А. С. Старцев // Фундаментальные и прикладные исследования в высшей аграрной школе: сб. науч. трудов. – Саратов, 2014. – С. 28–35.
4. Глушков, И. Н. Обоснование параметров и режимов работы порционной жатки с устройством образования кулис: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / ОГАУ. – Оренбург, 2013.
5. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки: ГОСТ 23728–88, ГОСТ 23729–88, ГОСТ 23730–88. – Введ. 01.01.1989. – М.: Стандарт, 1989. – 3 с; 12 с.; 14 с.
6. Хижняк, А. А. Экономическая эффективность новой сельскохозяйственной техники / А. А. Хижняк, Е. А. Денисова. – Оренбург: ОГАУ, 2005. – 84 с.

С. П. Коропченко¹, к. т. н., ст. н. сотр., А. И. Белоусов²¹Институт лубяных культур НААН Украины, г. Глухов, Сумская обл., Украина²ТОВ «Хемтехно», г. Мариуполь, Донецкая обл., Украина**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПЕРЕРАБОТКЕ СТЕБЛЕЙ КОНОПЛИ**

В статье представлены результаты работы Института лубяных культур НААН Украины по созданию линии переработки лубяных культур.

Ключевые слова: конопля, треста, однотипное волокно, линия переработки.

S. P. Koropchenko¹, A. I. Belousov²¹Institute of Bast Crops of the National Academy of Sciences of Ukraine, Glukhov, Sumy region, Ukraine²Comrade Hemtechno, Mariupol, Donetsk region, Ukraine**INNOVATIVE APPROACH TO THE PROCESSING OF THE HOBBIES OF HEMP**

The article presents the results of the work of the Institute of Bast Crops of the National Academy of Sciences of Ukraine for the creation of a line for processing bast cultures.

Keywords: hemp, straw, the same type fiber, processing line.

Создание сотрудниками Института лубяных культур НААН Украины сортов промышленной конопли, в которых отсутствует тетрагидроканнабинол (ТГК), позволило изменить отношение государства к данному растению, а существенное повышение спроса на изделия из натуральных волокон привело к актуализации вопроса разработки и внедрения в производство экономически привлекательных технологий выращивания, уборки и переработки промышленной конопли. Данные технологии были разработаны и внедряются Институтом лубяных культур НААН Украины.

Предлагаемая технология уборки конопли основывается на работе высокопродуктивных сельскохозяйственных агрегатов, которые широко используются в процессах уборки зерновых и других культур. Она относится к технологиям уборки посевов двустороннего использования (рисунок 1) и делится на два этапа:



Рисунок 1. – Технология уборки промышленной конопли с использованием с.-х. машин общего назначения

1. Уборка семенной части и доведение семян до посевных кондиций.
2. Уборка стеблевой части растения.

Ее применение на практике не отменяет использования классических технологий, а лишь дополняет их и позволяет расширить границы технологических приемов по уборке конопли.

Технология характеризуется высокой степенью механизации всех использованных процессов и в незначительной степени зависит от погодных условий, а также характеризуется возможностью получения сырья высокого качества с низкой себестоимостью.

При использовании предложенной технологии получают высококачественные семена и сырье в паковках для выделения волокна или луба. Стебли в паковках находятся в хаотичном состоянии, имеют среднюю длину 100–120 см с частично выделенной кострой. Содержание волокна в рулонах может меняться в пределах 30–40 %, в зависимости от выбранной технологии уборки (таблица 1).

Таблица 1. – Характеристика сырья

Название показателя	Треста осенней уборки	Треста весенней уборки	Солома
Содержание волокна (луба), %	31	34	(36)
Содержание костры, %	63	60	58
неотделенной от волокна, %	46	37	52
свободной, %	17	23	6

Данное сырье является нетрадиционным для первичной переработки и из него нельзя выделить длинное волокно из-за хаотичного расположения стеблей в общей массе. Для переработки такого вида сырья сотрудниками Института лубяных культур НААН Украины разработана низкочувствительная технология переработки.

Согласно предложенной технологии спроектирован и установлен экспериментальный стенд получения волокнистого материала из лубяных культур (рисунок 2).

Полученное на экспериментальной линии волокно характеризуется низким содержанием костры, которое не превышает 1 % и соответствует второму сорту пеньки короткой (таблица 2, рисунок 3).



а) слоеформирующий механизм; б) мьяльная машина; в) трепальная машина; г) трясильная машина; д) пресс для волокна

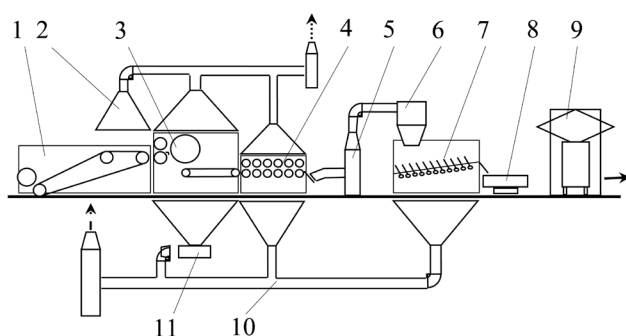
Рисунок 2. – Экспериментальная линия переработки лубяных культур

Таблица 2. – Качественные показатели волокна

Массовая часть, %		Разрывная нагрузка скруч. ленточки, даН	Сорт волокна
костры	лапы		
0,6	0,4	27,7	2



Рисунок 3. – Общий вид полученного однотипного волокна



1 – разматыватель рулонов; 2 – вентиляционная система (удаление пыли) 3 – слоеформирующее устройство; 4 – мяльная машина; 5 – трепальная машина; 6 – разгрузитель; 7 – трясильная машина; 8 – весы; 9 – пресс волокна; 10 – система удаления костры; 11 – измельчитель костры

Рисунок 4. – Схема линии переработки лубяных культур

На основании проведенных исследований разработаны исходные требования к изготовлению линии переработки лубяных культур, согласно которым ТОВ «Хемтехно» и акционерным обществом «Уманьфермаш» начаты работы по проектировке и изготовлению линии переработки лубяных культур. Изготовленная линия переработки лубяных культур будет универсальной для переработки стеблей промышленной конопли на однотипное волокно. В ней предусмотрены операции размотки рулонов, утонения слоя с одновременным обогащением волокнистого материала за счет частичного удаления костры, его проминания с последующим удалением остаточной костры и упаковка готовой волокнистой продукции (рисунок 4).

Основные качественные показатели линии:

1. Закостренность получаемого однотипного волокна – не более 5 %, а луба – 10 %.
2. Суммарная мощность установленного электрооборудования – не более 80 кВт.
3. Продуктивность за смену (выделения волокна) – не менее 1000 кг.
4. Численность обслуживающего персонала – 7 чел.

Разработанная линия планируется мобильной и может быть использована для переработки стеблей промышленной конопли на однотипное волокно как на пенькозаводах, так и в небольших фермерских хозяйствах. Также данную линию можно использовать в мехотрядах, в задачу которых будет

входить проведение уборки и переработки промышленной конопли.

Проведенный экономический анализ разработанной технологии выращивания промышленной конопли свидетельствует о высоком уровне рентабельности – 160 %.

Выводы

1. Разработанные и предлагаемые технологии уборки промышленной конопли не требуют наличия специальной техники, а основаны на использовании высокопродуктивных сельскохозяйственных машин, что позволяет получать качественное сырье с минимальной стоимостью.
2. Сырье, полученное по новым технологиям уборки конопли, характеризуется хаотичным расположением стеблей в слое и повышенным содержанием волокна в рулонах из-за частичного удаления костры в процессе уборки.
3. Для переработки сырья предлагается универсальная линия переработки лубяных культур на однотипное волокно, в которой предусмотрены операции размотки рулонов, утонения слоя с одновременным обогащением волокнистого материала за счет частичного удаления костры, его проминания с последующим удалением остаточной костры и упаковки готовой волокнистой продукции.
4. Полученное на линии волокно характеризуется высокими качественными показателями и низким содержанием костры, которое не превышает 1 %.

Литература

1. Коноплі: монографія / [В. Г. Вировець, В. Г. Баранник, Р. Н. Гілязетдінов та ін.]; під ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. – Суми: Видавничий будинок «Еллада», 2011. – 384 с.
2. Примаков, О. А. Використання зернозбиральних комбайнів для збирання насінневих конопель / О. А. Примаков, В. І. Макаєв, П. В. Лук'яненко, О. П. Рябченко // Механізація та електрифікація сільського господарства: зб. наук. ст. – Глеваха, 2009. – Вип. 93. – С. 469–476.
3. Примаков, О. А. Розробка елементів технології збирання конопель сільськогосподарськими машинами загального призначення / О. А. Примаков // Інноваційні напрямки в селекції, генетиці, технології вирощування, збирання, переробки і стандартизації технічних культур: матеріали наук.-техн. конф. молодих вчених: зб. наук. пр. – Суми: Нотенбене, 2009. – С. 29–32.
4. Лінник, М. К. Нові способи збирання конопель / М. К. Лінник, В. І. Макаєв, О. А. Примаков, І. О. Маринченко // Вісник аграрної науки. – Київ, 2010. – № 5 (10). – С. 48–51.

УДК 631.33.004.(075.05)

Поступил в редакцию 21.08.2017
Received 21.08.2017

В. А. Милюткин¹, д. т. н., проф., **В. Э. Буксман²**, доктор, руководитель отдела

*¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», г. Самара, Российская Федерация
e-mail: oiapp@mail.ru*

*²Отдел экспорта «Россия» компании «AMAZONEN-WERKE», г. Хасберген-Гасте, Германия
e-mail: Buxmann@amazone.de*

ВНЕДРЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МИРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИКИ СОВМЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ

Рассматривается стратегия развития и совершенствования агрокомплекса Российской Федерации за счет адаптации и внедрения мировых технологий в земледелии **No-Till, Mini-Till, Strip-Till при организации совместных производств** (АО «Евротехника» (РФ, г. Самара)) по выпуску современных сельскохозяйственных машин одной из лучших европейских сельхозмашиностроительных компаний AMAZONEN-Werke.

Ключевые слова: технологии, техника, сеялки, почвосбережение, влагосбережение, эффективность.

V. A. Milyutkin¹, V. E. Buxman²

*¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Samara State Agricultural Academy», Samara, Russian Federation
e-mail: oiapp@mail.ru*

*²Department of export «Russia» of the company «AMAZONEN-WERKE», Hasbergen-Gaste, Germany
e-mail: Buxmann@amazone.de*

IMPLEMENTATION OF HIGH TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE WITH THE USE OF TECHNOLOGY OF JOINT PRODUCTION IN RUSSIA

The strategy of the development and improvement of agro-industrial complex of the Russian Federation due to the adaptation and adoption of technologies in agriculture **No-Till, Mini-Till, Strip-Till in the organization of joint ventures** (JSC «Eurotechnica» (Russia, Samara)) for the production of modern agricultural machinery is one of the best foreign agricultural machine-building companies AMAZONEN-Werke.

Keywords: technology, equipment, seeders, soil conservation, water conservation, efficiency.

Введение

Цель работы – провести анализ номенклатуры выпускаемых машин наиболее известной в России зарубежной компании и предложить агропредприятиям АПК Российской Федерации методику оптимизации машинно-тракторного парка при выборе сельхозмашин по основным технико-технологическим показателям.

Материалы и методы исследований

В качестве компании, производящей широкий спектр эффективной сельскохозяйственной техники, выбрана ведущая в Европе немецкая компания AMAZONEN-Werke, работающая почти 20 лет в России. Ранее совместное, а в настоящее время полностью самостоятельное предприятие АО «Евротехника», г. Самара, – дочернее предприятие AMAZONEN, занимающее, по оценкам экспертов, ведущее место в России по прицепной технике для различных технологий, культур, условий работы, с различной шириной захвата и производительностью. В процессе исследований учитывались возможности выполнения машинами различных технологий, технический уровень и технико-технологическое сопровождение техники в хозяйствах, возможности агрегатирования с различными по мощности тракторами с обработкой различных по размеру и площади полей.

Результаты исследований

В работе рассматриваются машины компании AMAZONEN-Werke для самой ответственной технологической операции в земледелии – посева сельскохозяйственных культур. Основанием для этого явилась многолетняя совместная научная работа компании AMAZONEN с Самарской государственной сельскохозяйственной академией по многим сельскохозяйственным машинам, главным образом по сеялкам как для традиционных технологий – D9, так и для энерго- и влаго-сберегающих No-Till, Mini-Till – Primera DMC [1–13], также в работе рассматриваются сеялки Citan для традиционных технологий, для прямого посева – Condor, выпуск которых начат в АО «Евротехника».

В таблице 1 представлены основные технические характеристики зерновых сеялок, позволяющие агропредприятиям подбирать при модернизации наиболее эффективные из них как по технологическим показателям, так и по обеспечению проведения посевных работ в агротехнические сроки в соответствии со структурой посевных площадей, в том числе и с учетом площадей полей, имеющихся или приобретаемых энергосредств, а также по расчетным данным возможной сезонной выработки на возделываемых в агропредприятии культурах, включая озимые (п. 4).

В исследованиях оптимизации машинно-тракторного парка агропредприятия (как крупного холдинга, так и средних и малых) за главный критерий взята ширина захвата сеялок (для различных технологий), обеспечивающая определенную производительность сеялочного агрегата в зависимости от рабочих скоростей, развиваемых энергетическим средством, в строго рекомендуемые агротехнические сроки.

Таблица 1. – Техничко-технологическая классификация зерновых сеялок фирмы AMAZONEN-Werke

Техничко-эксплуатационные показатели	Технологии							
	Классическая			Mini-Till			No-Till	
	D9	Citan	DMC	DMC	Condor	Cauena	DMC	Condor
1. Ширина захвата, м	4–6	6–15	3–12	3–12	12–15	6	3–12	12–15
2. Часовая производительность при рабочих скоростях от 6,0 до 14,0 км/ч, га/ч	3–10	4–25	2–18	2–18	7–25	4–10	2–18	7–25
3. Выработка за агросрок (5 дней) на одном поле, на одной культуре, га	160–840	200–1000	90–840	90–840	840–1000	200	90–840	840–1000
4. Возможная сезонная выработка на возделываемых в агропредприятии культурах, включая озимые, га	1500	200	1500	1500	2000	500	1500	2000

Для посева одной культуры на одном поле рекомендован агросрок 5 дней. В соответствии с поставленными задачами по оснащению агропредприятий сеялочной техникой для различных технологий и для различных по площади полей, с определенными требованиями как к технологиям посева, так и агротехническим срокам, построена номограмма (рисунок 1) для подбора зерновых сеялок фирмы AMAZONEN-Werke.

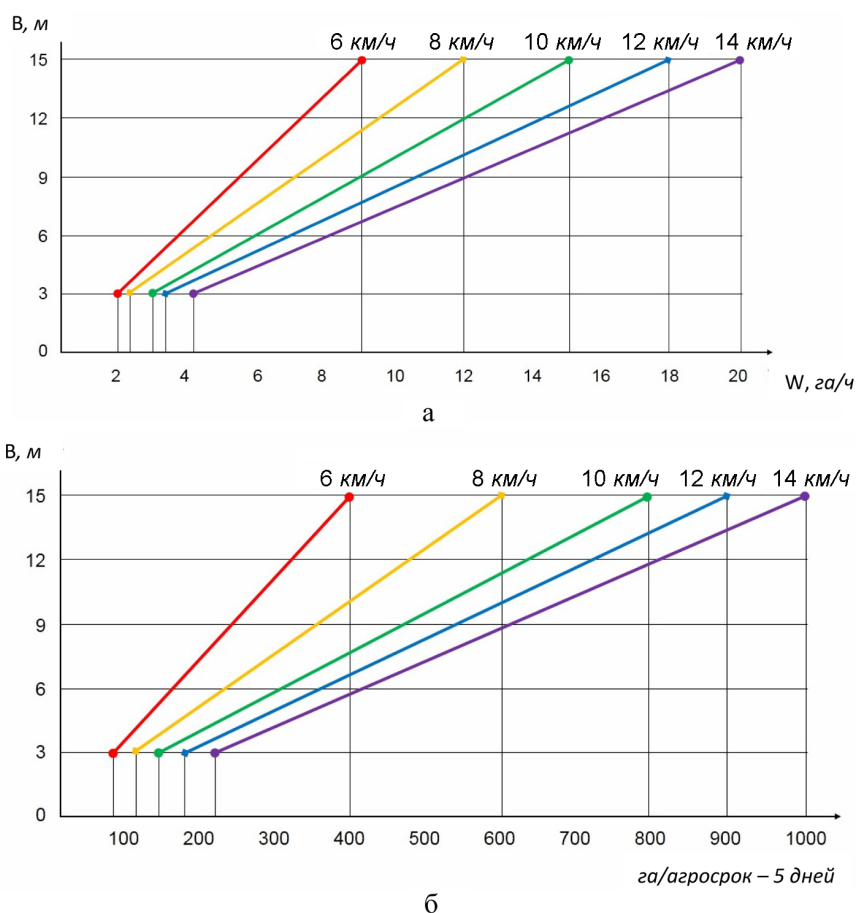


Рисунок 1. – Производительность (а) зерновых сеялок фирмы AMAZONEN-Werke с различной шириной захвата ($B = 3\text{--}15\text{ м}$) и рабочими скоростями ($V = 6\text{--}14\text{ км/ч}$); номограмма (б) для подбора зерновых сеялок фирмы AMAZONEN-Werke для различных технологий (классическая, Mini-Till, No-Till) по выработке за агросрок (5 дней) на одном поле и по одной культуре при различных рабочих скоростях

При этом за основу принимались сеялки, производимые как на головном предприятии AMAZONEN-Werke (Германия), так и в АО «Евротехника» в г. Самаре (Россия).

При систематизации сеялок, работающих по традиционным технологиям, показано, что сеялки D9 шириной захвата от 3 до 12 м (с использованием сцепки при скоростях от 6 до 14 км/ч) могут за агросрок (5 дней для одной культуры и одного поля) засеять от 90 до 840 га, сеялка Citan (рисунок 2) шириной захвата от 9 до 15 м на тех же скоростях и при тех же требованиях может засеять до 1000 га за агросрок. Сеялка для прямого посева DMC Primera (рисунок 3) шириной захвата от 3 до 12 м на тех же рабочих скоростях, обеспечиваемых соответствующей тракторной техникой, сможет засеять в агросрок одной культуры до 840 га.



Рисунок 2. – Сеялка Citan шириной захвата от 9 до 15 м



Рисунок 3. – Сеялка DMC Primega шириной захвата от 3 до 12 м



Рисунок 4. – Сеялка прямого посева Condor шириной захвата от 12 до 15 м

Сеялки прямого посева Condor (рисунок 4) шириной захвата от 12 до 15 м могут засеять при максимальной рабочей скорости 14 км/ч от 840 до 1000 га. В номограмме (рисунок 1) также представлены результаты эксплуатационно-технологических возможностей другого зернового комплекса компании AMAZONEN-Werke – Cauena 6 м.

Выводы

1. При техперевооружении агропредприятия целесообразно минимизировать количество машиностроительных предприятий, у которых приобретаетя высокоэффективная сельскохозяйственная техника, что обеспечивает высокую степень унификации машин, сервисное обслуживание и обучение кадров. При этом несомненным преимуществом является производство машиностроительной компанией широкого спектра сельскохозяйственной техники как для различных технологий, так и с различной производительностью (с различной шириной захвата).

2. Из известных мировых и отечественных фирм таким критериям отвечает компания AMAZONEN-Werke (Германия), имеющая дочернюю фирму в России (г. Самара) АО «Евро-техника».

3. На основе системного анализа технико-технологических параметров сеялок AMAZONEN-Werke предлагается номограмма подбора зерновых сеялок для различных технологий и условий эксплуатации (агротехнические сроки, структура посевных площадей, наличие или планируемые для приобретения энергетические средства).

4. Использование результатов исследований, приведенных в данной работе, позволит специалистам АПК правильно и эффективно формировать машинно-тракторный парк с учетом условий и планов их бизнеса.

Литература

1. Милюткин, В. А. Мировое развитие сберегающих технологий и перспективы в Российской Федерации / В. А. Милюткин // *Аграрная Россия*. – 2002. – № 6. – С. 20.
2. Милюткин, В. А. Совершенствование средств для посева подсолнечника / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев, А. А. Антонов, М. А. Канаев // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материал VIII Междунар. науч.-практ. конф.* – Ульяновск, 2017. – С. 152–155.
3. Милюткин, В. А. Прямой посев ярового рапса в Самарской области / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев // *Достижения науки и техники в АПК*. – 2005. – № 12. – С. 23.
4. Милюткин, В. А. Рапс в прямом посеве / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев // *Новое сельское хозяйство*. – 2006. – № 1. – С. 46.
5. Милюткин, В. А. Исследования технологии прямого посева в производстве маслосемян рапса, сои и льна в Самарской области / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев // *Агроинформ*. – 2006. – № 96. – С. 33.
6. Эффективные технологические приемы в земледелии, обеспечивающие оптимальное влагонакопление и влагопотребление / В. А. Милюткин [и др.] // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 6 (56). – С. 69–72.
7. Милюткин, В. А. Анализ способов реализации точного (координатного) земледелия / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2007. – № 3. – С. 3–5.
8. Милюткин, В. А. Новый способ дифференцированного внесения удобрений при посеве сельскохозяйственных культур / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2010. – № 3. – С. 16–19.
9. Милюткин, В. А. Эффективность ресурсосберегающих элементов применения удобрений при внедрении прямого посева / В. А. Милюткин, Н. И. Несмеянова, М. А. Беляев // *Агро XXI*. – 2007. – № 7–9. – С. 39–41.
10. Повышение продуктивности сельхозугодий внутрипочвенным внесением основных видов удобрений при точном (координатном) земледелии / В. А. Милюткин [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2013. – 270 с.
11. Милюткин, В. А. Эффективность комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата АУП-18 / В. А. Милюткин // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1996. – № 3. – С. 5–7.
12. Милюткин, В. Управление производством сельскохозяйственных культур созданием оптимальных параметров влажности и температуры почвы / В. Милюткин, И. Бородулин, З. Антонова, А. Александров, М. Канаев // *Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies*. – 2015. – №1 (7). – С. 117–128.
13. Милюткин, В. А. Разработка машин для почвенного внесения удобрений на основании агробиологических характеристик растений / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, А. В. Милюткин // *Известия Самарской государственной с.-х. академии*. – 2012. – № 3. – С. 9–13.

УДК 631.17:631.333

Поступил в редакцию 05.09.2017

Received 05.09.2017

Н. Н. Назаров, к. т. н., **Н. С. Яковлев**, д. т. н., **В. И. Черных**, инженер-исследователь,
Т. А. Хлопич, инженер-исследователь

*Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства
СФНЦА РАН (СибИМЭ СФНЦА РАН), п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация
e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru*

ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ОДНОВРЕМЕННО С ПОСЕВОМ

Приведен анализ энергозатрат на транспортировку, хранение и внесение минеральных удобрений, позволивший обосновать перспективное направление, предполагающее накопление азота в почве, обеспечиваемое азотфиксирующими бактериями из атмосферы. Обоснованы требования к техническому средству для внесения в почву рабочих жидкостей азотфиксирующих бактерий, представлены его технологическая схема и вариант экспериментального образца.

Ключевые слова: бактериальные препараты, рабочие жидкости, техническое средство, технологическая схема, экспериментальный образец.

TECHNICAL MEANS FOR IN-SOIL APPLICATION OF WORKING FLUIDS OF BACTERIAL DRUGS AT THE SAME TIME WITH SOWING

The analysis of energy consumption for transportation, storage and application of mineral fertilizers on the basis of which it justifies the perspective on-board accumulation of nitrogen in the soil nitrogen-fixing bacteria from the atmosphere. Justified requirements to technical means for soil working fluids nitrogen-fixing bacteria, its technological scheme and a variant of the experimental sample.

Keywords: bacterial drugs, fluids, vehicle flow diagram, the experimental sample.

Резкое повышение цен на энергоносители и вызванное этим существенное сокращение использования минеральных удобрений не решают вопросов совершенствования технологических процессов их применения. По многочисленным оценкам, энергозатраты на производство, транспортировку, хранение и внесение удобрений растут значительно быстрее по сравнению с ростом урожая: повышение урожайности зерновых культур в 2 раза (с 20 до 40 ц/га) требует увеличения суммарных затрат энергии в 10 раз, причем основная доля в них приходится на синтез азотных удобрений. К примеру, в США энергозатраты на производство и использование азотных удобрений составляют около 35 % от общего объема энергопотребления в сельском хозяйстве, а в странах Западной Европы они достигают 42 %.

При этом в малой степени используются перспективные направления решения этой проблемы, в частности метод непосредственного использования атмосферного азота для питания сельскохозяйственных культур, при котором азотфиксирующие бактерии, размножаясь в ризосфере, фиксируют атмосферный азот и обеспечивают, по различным литературным данным, в зонах умеренного климата не менее 20–40 % потребности зерновых в нем.

К настоящему времени создано достаточно большое число бактериальных препаратов для обработки семян как бобовых, так и злаковых культур. Но способы их применения в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур еще не отработаны в достаточной степени. В основном реализуют обработку (инокуляцию) семян сухими препаратами, при этом значительная часть бактерий осыпается, гибнет на свету и не попадает вместе с семенами в почву. В этом случае возникает необходимость решения вопроса о кардинальной замене способа внесения препаратов этих бактерий в почву. Одним из таких способов является внесение препаратов азотфиксирующих бактерий и других биологически активных веществ в виде жидкой фракции одновременно с посевом зерновых.

Для условий Сибири это особенно актуально, так как своеобразие климатических условий, короткий вегетационный период и небольшой срок активной биологической жизни почвы приводят к более глубоким нежелательным изменениям этих свойств при ее интенсивном использовании.

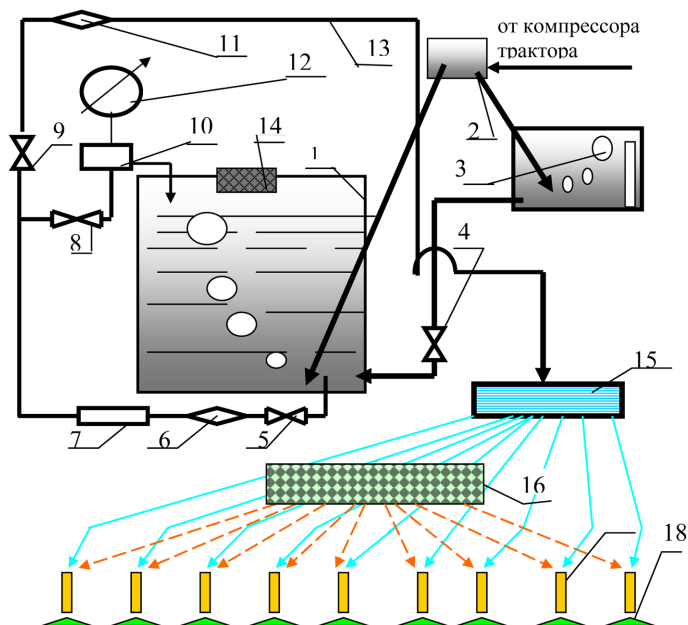
Технико-экономический анализ приведенных способов инокуляции семян показывает, что эффективность применения бактериальных препаратов можно повысить, если вносить их в виде рабочих жидкостей (РЖ) непосредственно при посеве возделываемых культур (в рядок, борозду, полосу) [1]. При этом технологические и технические решения будут зависеть от вида возделываемых культур, способов их сева. Кроме того, появляется возможность вносить в растворенном виде необходимые для вегетации растений микроэлементы, а также стартовые дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений для стимуляции процесса азотфиксации. При этом структурно-функциональная схема технологического процесса включает в себя операции приготовления маточного и рабочего растворов РЖ, их доставку к месту использования, заправку технологических емкостей посевных агрегатов, дозирование РЖ, ее транспортирование к распределяющим устройствам, обработку семенного материала рабочей жидкостью и распределение его на семенном ложе.

Исходя из изложенного, техническое средство для внесения в почву рабочих жидкостей азотфиксирующих бактерий должно обеспечивать:

1. Дозирование семенного материала и транспортирование его в полосу (ленту) посева.
2. Дозирование рабочей жидкости препарата и подачи ее к рабочим органам.
3. Создание и поддержание однородности РЖ азотфиксирующих бактерий.
4. Обработку (смачивание) семенного материала РЖ азотфиксирующих бактерий и распределение семян по ширине засеваемой полосы.

Задача выбора перспективного варианта технологической схемы технического средства (ТС) при решении проблем механизации процессов сельскохозяйственного производства по своей сути является многокритериальной, и для ее решения нужно рассчитывать большое число показателей для оценки каждого из них. В задачах данного класса, как правило, частные критерии имеют различную размерность и физическую природу, при этом обычно неизвестна аналитическая зависимость между параметрами, характеризующими условия работы, параметрами выбираемой технологической схемы и некоторыми обобщенными технико-экономическими показателями, принятыми в качестве критерия оптимальности. Поэтому формирование и оценка вариантов технологических схем разрабатываемого технического средства проведены на основе комбинированного функционально-структурного подхода с использованием методологии функционально-стоимостного анализа [2–6].

Установлено, что наиболее перспективна технологическая схема технического средства для внесения в почву рабочих жидкостей азотфиксирующих бактерий одновременно с посевом зерновых (рисунок 1) при установке основного бака для РЖ препаратов на тракторе (возможен прицепной вариант) и дополнительного бака на сеялке для маточного раствора. Приготовление и поддержание однородности маточного и рабочего растворов жидкостей этих препаратов обеспечивается пневматическими устройствами, например компрессором трактора. Для подачи рабочей жидкости к посевным рабочим органам используется комбинированная система: до распределительного устройства, обеспечивающего деление потока РЖ бактериальных препаратов по количеству посевных рабочих органов – под давлением, после него (транспортирование к рабочим органам) – под действием сил гравитации. В целях исключения налипания частиц почвы на посевные рабочие органы обработка семенного материала РЖ бактериальных препаратов произ-



1 – бак основной; 2 – пневмораспределитель; 3 – бак для маточного раствора суспензии; 4, 5, 8, 9 – запорная арматура; 6, 11, 14 – устройства фильтрующие; 7 – насос; 10 – регулятор давления; 12 – манометр; 13 – гидрокommуникации; 15 – делительная головка; 16 – семенной бункер; 17 – стойка-семяпровод; 18 – рабочие органы

Рисунок 1. – Технологическая схема технического средства для внесения в почву РЖ бакпрепаратов одновременно с посевом



Рисунок 2. – Общий вид экспериментального образца технического средства для внесения в почву жидких форм бактериальных препаратов одновременно с посевом

рабочие органы для посева зерновых культур с одновременным внесением жидких форм азотфиксирующих бактерий, заложенный на опытном полигоне института в 2008–2014 гг., подтвердил результаты опытов ученых-агрономов и биологов о том, что внесение в почву азотфиксирующих бактерий повышает урожайность зерновых в среднем на 2–4 ц/га при общей урожайности 30–32 ц/га (в зависимости от почвенно-климатических условий в исследуемых годах).

водится в специальной камере, находящейся в подлаповом пространстве вне стоек семяпроводов.

Созданный в соответствии с представленной технологической схемой экспериментальный образец технического средства для внесения в почву рабочих жидкостей бактериальных препаратов одновременно с посевом (рисунок 2) обеспечивает ленточный посев зерновых при ширине ленты 6–8 см, дозирование и распределение семян и суспензий бактериальных препаратов на семенном ложе.

Полевой опыт по оценке эффективности применения препарата «Азофит» с добавлением микроэлементов (магния, молибдена и др.), в котором используются разработанные СибИМЭ

Литература

1. Щучка, Р. В. Влияние способов применения биопрепаратов и стимуляторов роста на азотфиксацию и урожай семян сои / Р. В. Щучка, С. В. Кадыров // Повышение урожайности полевых культур в Центрально-Черноземном районе: сб. науч. тр // Воронежский ГАУ. – Воронеж, 2004. – С. 35–37.
2. Моисеева, Н. К. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа / Н. К. Моисеева, М. Г. Карпунин. – М.: Высшая школа, 1988. – 192 с.
3. Моисеева, Н. К. Выбор технических решений при создании новых изделий / Н. К. Моисеева. – М.: Машиностроение, 1980. – 181 с.
4. Голибардов, Е. И. Техника функционально-стоимостного анализа / Е. И. Голибардов, А. В. Кудрявцев, М. И. Сиенко. – Киев: Техника, 1989. – 238 с.
5. Основы функционально-стоимостного анализа / Под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.
6. Справочник по функционально-стоимостному анализу / А. П. Ковалев [и др.]; под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 431 с.

Т. В. Гайдай

*ГНУ «Украинский научно-исследовательский институт прогнозирования
и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого»,
п. г. т. Дослідницьке, Киевська обл., Україна
e-mail: ndipvt@ukr.net*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА С ТАРЕЛЬЧАТЫМИ РАССЕЙВАТЕЛЯМИ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР

В статье представлена математическая модель движения почвообрабатывающего посевного агрегата с тарельчатыми рассеивателями для мелкосеменных сидеральных культур.

Ключевые слова: математическая модель, сидераты, почвообрабатывающий посевной агрегат, тарельчатые рассеиватели, равномерное распределение.

T. V. Gaidai

*State Institution «Ukrainian Research Institute of Forecasting and testing of equipment
and technologies for agricultural production named after Leonid Pogorely»,
Doslidnitskoe, Kiev region, Ukraine
e-mail: ndipvt@ukr.net*

MATHEMATICAL MODEL OF MOTION OF TILLAGE SOWING UNIT WITH DISC DIFFUSERS GREEN MANURE CROPS

The paper presents a mathematical model of the movement of a soil cultivating seed unit with disk diffusers for small-seeded green manure cultures.

Keywords: mathematical model, siderates, soil-cultivating seeding unit, disk-type diffusers, uniform distribution.

Введение

Технологический процесс выращивания зерновых культур в связи с изменением климата, экологии, уменьшением производства органических удобрений и другими объективными факторами требует поиска и внедрения новых технологий и машин. Одним из направлений решения проблемы является применение сидератов с совмещением операций дискования, посева, прикапывания.

Однако машинно-тракторный агрегат, осуществляющий эти операции, должен оптимизировать цепочное соединение отдельных операций технологии: базовые «скорость движения агрегата (учитывая движение по полю и на разворотах) – норма высева и равномерное распределение сидеральных культур», в системе дополнительных операций, которые должны быть согласованы: норма высева за счет оборотов катушки, сила воздушного потока в семяпроводе, процесс распределения семян после их удара о пластину тарельчатого рассеивателя.

Предметом исследования является математическая модель движения агрегата с определением координат для развития управления всей цепочкой технологических операций почвообрабатывающего посевного комплекса и достижения требований равномерности распределения семян.

Объект исследования – почвообрабатывающий посевной агрегат (ППА) с автономным высевающим модулем для посева сидеральных культур.

Рассмотрим модель движения по полю ППА в составе трактора (ориентировочно МТЗ-82 с колесной формулой 4К2 – задние ведущие) и посевного агрегата (сеялка) (рисунок 1).

Построение модели будем осуществлять по аналогии с [1]. Касательная сила тяги заднего моста передается на остов трактора в виде равнодействующей силы P_k , которая направлена вперед

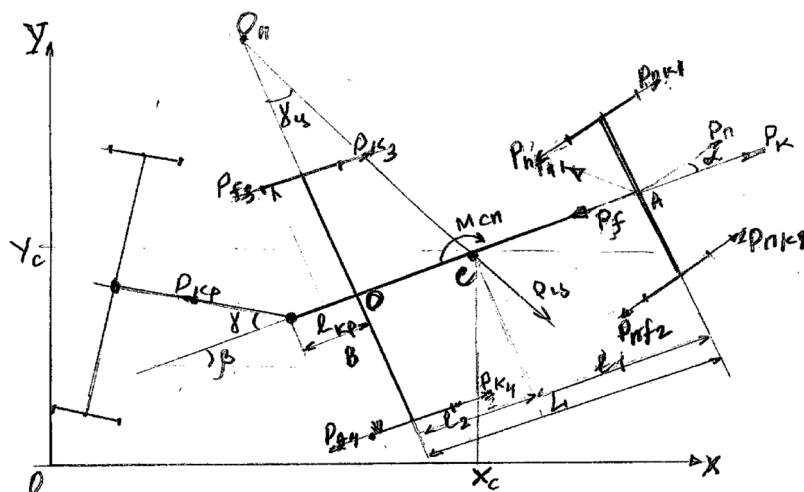


Рисунок 1. – Схема действующих сил и моментов при движении ППА в системе координат xOy

вдоль оси трактора. Толкающая сила передается на передний мост и передние колеса. При повороте действительный радиус машинно-тракторного агрегата зависит от соотношения поворачивающего момента и момента сопротивления повороту трактора. Чем больше поворачивающий момент M_n и меньше момент сопротивления повороту M_{cn} , тем меньше значение действительного радиуса поворота R_d , и он в идеале стремится к значению геометрического радиуса R_r .

В пятне контакта управляемых (ведомых) колес с почвой возникают реакции, равнодействующая которых R_k равна толкающей силе P_k и противоположно ей направлена. Силы, приложенные к ведомому колесу, можно разложить на две составляющие. Составляющая P_f представляет собой силу сопротивления качению колес. Составляющая $P_n = P_k \cdot \cos \alpha$ определяет величину поворачивающего момента остова трактора длиной L от поворота ведомых колес на угол α вокруг точки O :

$$M_n = P_n \cdot L = P_k \cdot L \cdot \cos \alpha.$$

Предельное значение поворачивающей силы P_n^{\max} зависит от физико-механических свойств почвы и сцепных свойств колес трактора:

$$P_n^{\max} = G_n \cdot \varphi_k,$$

где G_n – вертикальная нагрузка на переднюю ось трактора, H ; φ_k – коэффициент сцепления с почвой (всегда < 1). Таким образом,

$$M_n = G_n \cdot \varphi_k \cdot L \cdot \cos \alpha.$$

Кроме того, на трактор при повороте действуют следующие силы: центробежная сила P_u , которая возникает в результате перемещения остова трактора с некоторой угловой скоростью ω_n вокруг гипотетического центра поворота O_n ; касательные силы P_{k3} и P_{k4} ведущих колес, соответственно, на забегающих и отстающих колесах; усилие на крюке $P_{kp} = G_c \cdot f_k$, где G_c – вертикальная нагрузка на колесную ось сеялки, H ; f_k – коэффициент сопротивления качению колес по почве. Момент силы сопротивления повороту M_{cn} вокруг точки O – центра оси ведущих колес, определяем по формуле:

$$M_{cn} = P_f \cdot L \cdot \sin \alpha + P_u \cdot l_2 \cdot \cos \gamma_u + P_{kp} \cdot l_{kp} \cdot \sin \gamma + (P_{k3} - P_{k4}) \cdot B/2,$$

где γ_u – угол между направлением действия центробежной силы P_u и линией, проходящей через центр поворота O_n и точку O , град.; l_2 – расстояние от задней оси до центра масс трактора C , м; γ – угол между направлением действия крюковой силы P_{kp} и осевой линией трактора, град.; l_{kp} – расстояние от задней оси до сцепного устройства (крюка), м; B – расстояние между задними ведущими колесами, м.

Сила сопротивления качению колес зависит от свойств почвы и вертикальной нагрузки на управляемые (ведомые) колеса $P_f = G_n \cdot f_k$.

Под действием продольной составляющей крюковой силы $P_{kp} \cdot \cos \gamma$ происходит перераспределение нагрузки по осям трактора. Вертикальная нагрузка G_n на переднюю ось, с учетом усилия на крюке, рассчитывается по формуле:

$$G_n = G_n^0 - P_{kp} \cdot h_{kp} / (L + l_{kp}),$$

где G_n^0 – вертикальная нагрузка на переднюю ось без учета крюковой силы, H ; h_{kp} – расстояние от земли до точки прицепа, м.

Крюковая сила P_{kp} догружает заднюю ось:

$$G_3 = G_3^0 + P_{kp} \cdot [h_{kp} / (L + l_{kp}) + \operatorname{tg} \beta],$$

где G_3^0 – вертикальная нагрузка на заднюю ось без учета крюковой силы, H ; β – угол между горизонталью и линией силы тяги, град.

Таким образом, крюковая сила P_{kp} , догружая задние ведущие колеса, увеличивает тягово-сцепные свойства трактора, но в то же время, разгружая передние управляемые колеса, ухудшает управляемость посевного МТА.

Конечная формула для момента сопротивления повороту машинно-тракторного агрегата имеет вид:

$$M_{cn} = \left(G_n^0 - P_{kp} \cdot \frac{h_{kp}}{L + h_{kp}} \right) \cdot f_k \cdot L \cdot \sin \alpha + \frac{G_3 \cdot v^2 \cdot L \cdot l_2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{g \cdot (l_2^2 + L^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha)} + P_{kp} \cdot L \cdot h_{kp} / \sqrt{(l_{kp}^2 + L^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha)} + (P_{k3} - P_{k4}) \cdot B / 2. \quad (1)$$

Основными силовыми факторами, влияющими на движение ППА, являются силы сопротивления движению колесного движителя и касательная сила тяги, развиваемая движителем. Известно [2], «... что при качении эластичного колеса по деформируемой поверхности затраты мощности на деформацию почвы составляют значительную часть потерь в мощностном балансе колеса». Поэтому необходимо определить силы сопротивления движению, обусловленные деформацией почвы колесом для ведомых колес.

Используем формулы, полученные на основе методики, предложенной в [2] профессором В.В. Гуськовым. Допускаем, что при севе по нормальной, то есть по непереувлажненной почве, глубина колеи h от эластичного колеса по сравнению с его радиусом r мала. Тогда формула для определения силы сопротивления качению переднего ведомого колеса будет иметь вид:

$$P_{fi} = 0,5 \cdot G_{ni} \cdot \sqrt{\frac{G_{ni}}{kbD^2}}, \quad i = 1, 2,$$

а с учетом поворота ведомых колес на угол α имеем:

$$P_{nfi} = 0,5 \cdot G_{ni} \cdot \sqrt{\frac{G_{ni}}{kbD^2}} \cdot \cos \alpha, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

где G_{ni} – вертикальная нагрузка на ведомое i -е колесо, и мы полагаем, что $G_{ni} = G_n / 2$; k – коэффициент объемного смятия грунта; b – ширина обода колеса; D – диаметр колеса.

Отметим [2], «... что в отличие от ведомого колеса, где горизонтальная составляющая равнодействующей реакций грунта направлена против движения и является силой сопротивления качению, у ведущего колеса эта реакция направлена по движению и является силой тяги». В расчете работы ведущего колеса будем также дополнительно учитывать силовые потери на буксование колеса. Действительная скорость движения колеса будет равна $V_d = V_T(1 - \delta)$, где V_T – теоретическая скорость движения, δ – коэффициент буксования.

Как известно, эластичное тракторное колесо для улучшения сцепления с грунтом оборудуют грунтозацепами. При взаимодействии ведущего колеса с грунтом определяющими становятся силы, необходимые для сдвига и среза грунта.

Касательная сила тяги колеса, необходимая для преодоления сдвига, определяется по формуле:

$$P_{\text{к.сд}} = b \int_0^l \tau_x dx, \quad (3)$$

где l – длина опорной поверхности колеса; dx – длина элементарной площадки опорной поверхности колеса; $\tau_x = f(p_x, \Delta_x)$ – функция нормального давления $p_x = G_k / (b \cdot dx)$ и деформации сдвига $\Delta_x = \delta \cdot x$; G_k – вертикальная нагрузка на колесо. В [2] приведена формула для вычисления τ_x , которая для пластичных грунтов имеет вид:

$$\tau_x = f_{ck} \cdot p_x \cdot th \frac{\delta x}{k_\tau},$$

где f_{ck} – коэффициент трения скольжения; k_τ – коэффициент деформации, который для минеральных грунтов нормальной влажности с достаточной точностью может быть вычислен по формуле: $k_\tau = 0,4 \cdot t$; t – шаг между грунтозацепами колеса.

Подставляя (3) в (2), получаем:

$$P_{\text{к.сд}} = b \cdot f_{ck} \cdot \int_0^l p_x \cdot th \frac{\delta x}{k_\tau} dx.$$

Если принять в первом приближении, что давление p_x распределено равномерно, т. е. $p_x = p_{cp} = G_k / (b \cdot l)$, то получим окончательно:

$$P_{\text{к.сд}} = b \cdot f_{ck} \cdot \frac{G_k}{b \cdot l} \cdot \int_0^l th \frac{\delta x}{k_\tau} dx = f_{ck} \cdot \frac{k_\tau G_k}{\delta \cdot l} \cdot \ln \left(ch \frac{\delta \cdot l}{k_\tau} \right). \quad (4)$$

Вторая составляющая касательной силы тяги, возникающая при срезе грунта боковыми гранями грунтозацепа ведущего колеса, зависит от высоты h_3 и шага t грунтозацепа, а также от модуля (напряжения) среза по боковым граням зацепа τ_{cp} .

$$P_{\text{к.ср}} = \sum_1^m \tau_{cp} \cdot h_3 = 2 \cdot \tau_{cp} \cdot \frac{h_3 \cdot l}{t},$$

где m – число грунтозацепов на опорной поверхности шины.

Таким образом, касательную силу тяги, создаваемую на ведущем колесе, будем определять по формуле:

$$P_k = P_{\text{к.сд}} + P_{\text{к.ср}} = f_{ck} \cdot \frac{k_\tau \cdot G_k}{\delta \cdot l} \cdot \ln \left(ch \frac{\delta \cdot l}{k_\tau} \right) + 2 \cdot \tau_{cp} \cdot \frac{h_3 \cdot l}{t}. \quad (5)$$

Закономерность движения любой машины на плоскости xOy можно определить, используя систему уравнений Лагранжа второго рода [3]: $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i$, $i=1, \dots, n$, где T – кинетическая энергия; q_i – обобщенные координаты; Q_i – обобщенные силы; \dot{q}_i – производные от обобщенных координат по времени; n – количество обобщенных координат.

Учитывая вышесказанное, построим математическую модель криволинейного движения почвообрабатывающего посевного агрегата.

В рассматриваемом случае движения посевного машинно-тракторного агрегата имеем три обобщенных координаты – переменные координаты x , y центра тяжести трактора и угол β расположения продольной оси трактора относительно оси Ox .

Искомые законы движения запишем следующим образом:

$$x = f_1(t), \quad y = f_2(t), \quad \beta = f_3(t).$$

В данном случае система дифференциальных уравнений Лагранжа будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial T}{\partial y} = Q_y; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \beta} = Q_\beta. \end{cases}$$

Для вывода конечного вида системы дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода определим вид кинетической энергии T , а также обобщенных сил Q_x , Q_y , Q_β .

Кинетическую энергию ищем в виде:

$$T = m \cdot \left(\frac{\dot{x}^2}{2} + \frac{\dot{y}^2}{2} \right) + M_k \cdot \dot{\beta} + I \cdot \frac{\ddot{\beta}^2}{2}, \quad (6)$$

где m – суммарная масса трактора, $I = m \cdot l_1^2$ – момент инерции, а M_k – момент количества движения трактора относительно его центра масс при движении по полю под углом β к оси Ox , определяемый с учетом проецирования вектора скорости на оси координат Ox и Oy :

$$M_k = m \cdot [\dot{x} \cdot l_1 \cdot \sin \beta - \dot{y} \cdot l_1 \cdot \cos \beta]. \quad (7)$$

Используя полученные формулы для определения значений силовых моментов сопротивления (1), сил сопротивления (4) и тяги (5), получим следующие выражения для обобщенных сил Q_x , Q_y , Q_β , где обобщенная сила Q_β , соответствующая углу β , равна главному моменту сил, приложенных к остоу трактора, относительно опорной точки C :

$$\begin{aligned} Q_x &= \sum_{i=1}^2 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \cos(\beta + \alpha) + \sum_{i=3}^4 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \cos \beta - P_{kp} \cdot \cos(\beta - \gamma); \\ Q_y &= \sum_{i=1}^2 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \sin(\beta + \alpha) + \sum_{i=3}^4 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \sin \beta + P_{kp} \cdot \sin(\beta - \gamma); \end{aligned} \quad (8)$$

$$Q_\beta = \sum_{i=1}^2 l_1 \cdot (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \sin \alpha - \sum_{i=3}^4 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \frac{B}{2} - P_{kp} \cdot (l_{kp} + l_2) \cdot \sin \gamma - M_{\text{сн}}.$$

Таким образом, учитывая (6), (7) и (8), окончательно получаем, что система уравнений Лагранжа 2-го рода, моделирующая динамику движения данного посевного ППА, имеет вид:

$$\begin{aligned} & m \cdot (\ddot{x} + l_1 \cdot (\cos \beta \cdot \ddot{\beta}^2 + \sin \beta \cdot \ddot{\beta})) = \\ & = \sum_{i=1}^2 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \cos(\beta + \alpha) + \sum_{i=3}^4 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \cos \beta - P_{kp} \cdot \cos(\beta - \gamma); \\ & m \cdot (\ddot{y} + l_1 \cdot (\sin \beta \cdot \ddot{\beta}^2 - \cos \beta \cdot \ddot{\beta})) = \\ & = \sum_{i=1}^2 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \sin(\beta + \alpha) + \sum_{i=3}^4 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \sin \beta + P_{kp} \cdot \sin(\beta - \gamma); \\ & m \cdot l_1 \cdot (\ddot{x} \cdot \sin \beta - \ddot{y} \cdot \cos \beta + l_1 \cdot \ddot{\beta}) = \\ & = \sum_{i=1}^2 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot l_1 \cdot \sin \alpha + \sum_{i=3}^4 (P_{ki} - P_{fi}) \cdot \frac{B}{2} - P_{kp} \cdot (l_{kp} + l_2) \cdot \sin \gamma - M_{\text{сн}}. \end{aligned}$$

Отметим, что два первых уравнения описывают динамику равенства сил относительно центра массы трактора (точки C) по осям Ox и Oy , а третье уравнение определяет динамику равенства моментов сил относительно точки C при движении посевного ППА под углом ϕ к оси Ox , то есть при осуществлении поворота.

Система уравнений (9) представляет собой систему трех дифференциальных уравнений второго порядка с тремя неизвестными. Она после соответствующих преобразований позволяет описать закономерности движения посевного ППА в общем виде:

$$V_{ар} = \sqrt{(x \cdot \cos \beta)_t'^2 + (y \cdot \sin \beta)_t'^2}.$$

Выводы

Полученная модель движения агрегата позволяет вычислить координаты местоположения центра масс почвообрабатывающего посевного агрегата на местности x , y , скорость движения его центра масс в этих координатах и направление силы тяги (основной оси движения) β , что необходимо будет учитывать при дальнейших исследованиях технологического процесса управления высевальным аппаратом для достижения требуемой равномерности рассеивания семян.

Литература

1. Емельянов, А. М. Математическое моделирование исследования криволинейного движения трактора МТЗ-82 со сдвоенными колесами / А. М. Емельянов, С. В. Щитов, Г. Н. Фролова // Дальневосточный аграрный вестник. – Благовещенск, 2007. – Вып. № 1. – С. 101–109.
2. Гуськов, В. В. Тракторы: теория. Часть II / В. В. Гуськов. – Минск: Высшая школа, 1977. – 384 с.
3. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики / С. М. Тарг. – М.: Высшая школа, 1986. – 416 с.
4. Кравчук, В. Процедури системно-аналогового моделювання та ланцюгових технологічних перетворень для ґрунтообробно-посівного агрегата / В. Кравчук, Т. Гайдай, Г. Баранов, О. Прохоренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2016. – Вип. 20 (34). – С. 80–93.

УДК 664.314

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

Л. А. Неменушная¹, ст. н. сотр, **Н. А. Пискунова²**, к. с.-х. н., проф.

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»), п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: nemenuschaya@rosinformagrotech.ru

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева
(РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева), г. Москва, Российская Федерация
e-mail: Piskunova@timacad.ru

ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

Рассмотрены возможности и продукты глубокой переработки плодоовощного сырья. Особое внимание уделено технологиям получения растительных масел и их использованию. Представлены краткие характеристики технологий получения продуктов глубокой переработки из плодоовощного сырья, подтверждающие перспективность их внедрения.

Ключевые слова: овощи, фрукты, растительные масла, технологии получения, перспективность использования.

¹Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex» (Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: nemenuschaya@rosinformagrotech.ru

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev), Moscow, Russian Federation
e-mail: Piskunova@timacad.ru

TECHNOLOGIES OF DEEP RECYCLING OF FRUITS AND VEGETABLES

The possibilities and deep recycling of products of fruit and vegetables raw materials are considered. The major attention is paid to the technologies of vegetable oil receiving and their using. The short characteristics of technologies of receiving deep recycling of products from fruit and vegetables raw materials are represented, which confirms the perspectives of their introduction.

Keywords: vegetables, fruit, vegetable oils, technologies of receiving, perspective of using.

Плоды и овощи являются уникальным по биологической значимости сырьем для производства пищевой продукции и содержат целый спектр биологически активных соединений, получаемых с помощью технологий глубокой переработки. Клетчатка, входящая в их структуру, при употреблении в пищу повышает моторную функцию желудочно-кишечного тракта, способствует выведению из организма шлаков и холестерина, нормализует жизнедеятельность полезной кишечной микрофлоры. Пектиновые вещества, содержащиеся в плодоовощной продукции, являются эффективными сорбентами радиоактивных металлов. Сбалансированный активный комплекс минеральных солей калия, кальция, магния, фосфора, железа, присутствующий в составе овощей и фруктов, имеет большое значение для поддержания кислотно-щелочного равновесия в организме и предупреждения ацидотических сдвигов. В плодоовощном сырье содержатся витамины РР, К, инозит, холин, почти вся группа витаминов В и др. Овощи, особенно листовые, являются источником фолатина, участвующего в процессах кроветворения. Особенное значение имеют витамины С, Р, каротин (провитамин А).

Сахара плодов и овощей характеризуются значительным содержанием фруктозы. В овощах преобладает крахмал, в меньшей степени – сахара, за исключением свеклы и моркови, в которых на долю сахаров приходится соответственно 9 и 7 %. Резервным углеводом многих видов овощного сырья является инулин, в значительных количествах он содержится в клубнях топинамбура, луке, цикории и др. [1, 2, 3].

Растительные масла – продукты, извлекаемые из масличного сырья и состоящие в основном (на 95–97 %) из триглицеридов, восков и фосфатидов, а также свободных жирных кислот, липохром, токоферолов, витаминов и других веществ, сообщающих маслам окраску, вкус и запах. В народной и официальной медицине, косметологии и фармакологии очень активно применяются масла растений (льна, расторопши, облепихи, чабреца и др.), плодов деревьев (оливы, кедра и др.), а также плодоовощных культур (тыквы, моркови и др.), так как именно масла обладают более выраженным, чем отвары или настои, воздействием на организм человека. В настоящее время известно более 1500 растительных масел, все они обладают уникальными лечебно-профилактическими свойствами.

Например, в тыквенном масле до 60 % от общего количества жирных кислот приходится на долю незаменимых (линолевой, линоленовой), оно содержит каротиноиды, фосфолипиды, стерины, флавоноиды, витамины. Являясь ценным источником биологически активных соединений, тыквенное масло часто используется в качестве профилактического средства в виде биологически активной добавки к пище [4]. Не менее полезны масла, содержащиеся в других плодах и овощах. В таблице 1 представлены технологии их получения, все они относятся к технологиям глубокой переработки [5, 6, 7].

Характеристики представленных технологий глубокой переработки плодоовощного сырья подтверждают перспективность их использования. Внедрение в производство подобных ресурсосберегающих технологий глубокой переработки, позволяющих повысить конкурентоспособность

Таблица 1. – Технологии получения растительных масел из плодовоовощного сырья

Технология, разработчик	Краткая характеристика
Способ получения растительного масла, МГУПП	Включает экстракцию сырья этанолом и выделение масла из экстракта добавлением воды. Отличается тем, что в качестве сырья используют смесь нескольких видов растительного сырья, при содержании в смеси липидов 15–30 %, токоферолов 0,4–1,2 %, каротиноидов 0,005–0,05 %, а выделение масла проводят при концентрации в экстракте 28–32 %. Позволяет существенно повысить концентрацию природных комплексов токоферолов и каротиноидов в растительных маслах и получать масла лечебно-профилактического назначения с различным соотношением токоферолов и каротиноидов. Выход масла составляет от 80 до 95 %.
Производство биодобавки с виноградным маслом В. И. Мартовшук, С. А. Калманович, Н. Н. Азаров, Ю. Н. Азаров	Двустадийная переработка семян. На первой стадии виноградные семена дробят. На второй дробленые семена подвергают тонкому измельчению в жировой среде в пленке толщиной 0,1–2,0 мм при температуре 50–60 °С и скорости жирового потока 0,3–0,5 м/с. В биологически активной добавке содержание витамина РР составляет не менее 7,0 мг%, минеральных веществ – не менее 1500 мг%.
Получение масла из семян тыквы с повышенным содержанием биологически активных веществ И. Ф. Горлов, Т. В. Каренгина, В. И. Беляев	Включает сушку семян после их выделения из плода, сортировку, измельчение, влаготепловую обработку и прессование. Причем сушку семян осуществляют в два этапа: на первом семена слоем в 6–7 см подвергают активному вентилированию воздухом с температурой 25–30 °С, скоростью 0,2–0,3 м/с до достижения влажности семян 20–22 %, а на втором этапе сушку проводят при температуре воздуха 60–80 °С. Дальнейшую технологическую переработку семян, сушку которых проводят при 60 °С, осуществляют через три недели хранения (выдержки), а при 80 °С – сразу же после сушки. Позволяет максимально увеличить выход масла и иметь при этом повышенное содержание биологически активных веществ в нем.
Получение масла из семян тыквы Л. Н. Чабан	Семена тыквы после обычных операций очистки, сортировки, сушки шелушат и 30–40 % образующейся шелухи удаляют из дальнейшего процесса. Затем смесь ядер и кожуры подается в мельницу, где ее измельчают до муки грубого помола. После чего в жаровнях ее увлажняют и нагревают горячей водой при активном перемешивании, затем прессуют. Способ позволяет повысить выход масла на 6–8 % за счет снижения потерь и более полной инактивации, т. к. меньшее количество шелухи повышает испарительный процесс у поверхности вала пресса.
Способ переработки семян томатов и томатных выжимок с получением томатно-масляного экстракта С. А. Калманович, В. И. Мартовшук, О. Л. Вершинина, Р. И. Шаззо, Е. В. Мартовшук, Н. Н. Корнен	Включает: отделение влаги, сушку, измельчение, экстракцию и последующее разделение фаз. Отличается тем, что экстракцию ведут растительным маслом при соотношении семена томатов и томатных выжимок – растительное масло (40 : 60) – (60 : 40), при этом измельчение и экстракцию осуществляют одновременно в тонкой вращающейся по спирали пленке толщиной 0,1–0,2 мм при давлении 150–200 кг/см ² и температуре 40–60 °С.
Способ получения жирного масла из плодов растений семейства сельдерейные А. Н. Фетисова, О. В. Нестерова, Е. А. Королева, В. А. Попков, И. А. Самылина	Осуществляют экстракцию жирного масла из измельченных плодов с влажностью не более 2,5 %. Измельчают их до размера частиц, проходящих через сито с диаметром отверстий 0,5 мм. Экстрагируют бензинами или хлороформом, или хлороформ-метанольной смесью (1 – 2:1) при соотношении: экстрагент 1:7 – 10 в течение 3–4 ч. Способ позволяет увеличить выход жирного масла.
Способ получения масла и сока из ягод облепихи С. Г. Михеев, А. Г. Михеев	Включает измельчение ягод, отделение мякоти от сока, сушку мякоти и семян, выделение из них масла-концентрата и получение фармакопейного масла, затем мякоть ягод измельчают с отделением от нее семян, сушку мякоти и семян и выделение из них масла осуществляют раздельно, а фармакопейное масло получают купажированием названных масел. При этом масла из мякоти и из семян купажируют в соотношении 1:1 – 1:3 соответственно. Отделение мякоти от сока ведут при нагреве смеси до 40–60 °С. Сушку мякоти и семян перед отделением масла осуществляют до остаточной влажности соответственно 15–30 % и 4–10 %.

Технология, разработчик	Краткая характеристика
Способ получения масла из семян тыквы и получение лекарственного средства с особыми свойствами для лечения печени В. Ю. Михалев	Включает облучение и очищение семян тыквы, сортировку сырья, измельчение, обработку паром в течение 2–5 минут; холодное прессование. Масло обладает повышенной фармакологической активностью и содержит до 70–80 % β -ситостерина в неомыляемой фракции.

продукции из плодов и овощей и обеспечить другие отрасли пищевой промышленности натуральными лечебно-профилактическими, биологически активными компонентами, должно стать одним из основных направлений дальнейшего развития плодоовощной отрасли.

Литература

1. Технология консервирования плодов и ягод: учеб. пособие / Н. А. Пискунова [и др.]. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 108 с.
2. Шванская, И. А. Перспективные направления создания продуктов функционального назначения на основе растительного сырья: науч. аналит. обзор / И. А. Шванская. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 144 с.
3. Неменушая, Л. А. Ресурсосберегающие технологии переработки овощной продукции: науч. аналит. обзор / Л. А. Неменушая. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 72 с.
4. Лукин, А. А. Характеристика и показатели качества некоторых видов растительных масел / А. А. Лукин, С. Г. Пирожинский // Молодой ученый. – 2013. – № 7. – С. 58–60.
5. Материалы сайтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/45-49/2149892.html>, <http://www.findpatent.ru/patent/215/2159053.html>, <http://www.findpatent.ru/patent/217/2170027.html>, <http://ru-patent.info/20/75-79/2078129.html>, <http://ru-patent.info/21/30-34/2130049.html>, <http://www.findpatent.ru/patent/214/2147890.html>, <http://www.findpatent.ru/patent/214/2147890.html>, <http://www.findpatent.ru/patent/214/2144061.html>, <http://www.findpatent.ru/patent/244/2441664.html>, <http://ru-patent.info/qp/24/qp2475000.html>. – Дата доступа: 15.04.2017.
6. Давыдова, В. Р. Биологическая ценность тыквенного масла, особенности технологии производства / В. Р. Давыдова, Т. А. Выхованец // «Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education» 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (<http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/december-2012>). – Дата доступа: 15.04.2017.
7. Ковалев, В. Б. Химический состав масел семян некоторых бахчевых культур астраханской области, выделенных методом сверхкритической флюидной экстракции / В. Б. Ковалев, А. В. Великородов, А. Г. Тырков, С. Б. Носачев, Е. В. Щепетова, Н. М. Абдурахманова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12 (ч. 1) – С. 54–57.

Н. Г. Бакач, к. т. н., доц., Ю. А. Башко, И. А. Серебряков

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: npc_mol@mail.ru*

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗДАЧИ
КОРМОСМЕСЕЙ СМЕСИТЕЛЯМИ-РАЗДАТЧИКАМИ КОРМОВ**

В статье приведены теоретические предпосылки и порядок расчета траектории полета твердых частиц кормов и неметаллических (органических) примесей в процессе раздачи кормосмесей смесителями-раздатчиками кормов. С использованием графических методов определены координаты расположения уловителя механических примесей по высоте при установке бitera над выгрузным транспортером смесителя-раздатчика. По результатам теоретических исследований обоснована принципиальная схема устройства для отделения механических примесей в процессе раздачи кормосмесей мобильными смесителями-раздатчиками кормов.

Ключевые слова: приготовление корма, качество кормов, мобильные смесители-раздатчики, раздача, кормосмесь, отделение, посторонние примеси, бiter, частица, полет, расчет, построение, витание, скорость, устройство, уловитель, принципиальная схема.

N. G. Bakach, Y. A. Bashko, I. A. Serebryakov

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: npc_mol@mail.ru*

**THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE DEVICE FOR SEPARATION OF
MECHANICAL IMPURITIES IN THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF FEED MIXES
BY MOBILE MIXERS-DISTRIBUTORS OF FEEDS**

In this paper, the theoretical assumptions and the procedure for calculating the trajectories of complete solid particles of feeds and not metallic (organic) impurities in the process of distribution of feed mixtures by feed mixers are presented. There were used graphical methods for determining the default location when installing the beater over the discharge mixer-distributor in the article. According to the results of theoretical studies was justified schematic diagram of the device for separating mechanical impurities in the process of distribution of feed mixtures by mobile mixers-distributors.

Keywords: feed cooking, feed quality, mobile mixers-distributors, distribution, feed mix, secession, impurities, beater, particle, flight, calculation, building, whirling, speed, device, catcher, basic scheme.

Введение

В повышении производства продукции животноводства первостепенную роль играет полноценное кормление крупного рогатого скота полнорационными сбалансированными кормосмесями на основе высококачественных кормов собственного производства.

Несмотря на высокую питательную ценность заготовленных кормов рациона, в процессе транспортирования, хранения, подготовки к скармливанию КРС грубых кормов, корнеклубнеплодов и других кормовых компонентов в них попадают механические примеси органического

и неорганического происхождения, комки земли, камни, металл и т. п. Загрязнение этими примесями сильно снижает качество кормов, засоряется пищеварительный тракт животных, в результате чего развивается атония преджелудков, непроходимость книжки и отмирание ее листков, что сопровождается потерей аппетита, расстройством жвачки, вздутием рубца и резким снижением продуктивности. В отдельных случаях это заболевание приводит к падежу животных [1].

Установлено, что вследствие травматизма в год выбывает от 3 до 5 % молочного стада, из которых более половины случаев составляет кормовой травматизм, заболевания, связанные с наличием механических примесей в кормах [2]. При этом для КРС наибольшую опасность представляют органические и металлические примеси размером до 50 мм, которые наиболее сложно отделить от кормов в процессе приготовления.

Основная часть

На основании вышесказанного по результатам аналитических исследований была выдвинута рабочая гипотеза отделения неметаллических (органических) примесей в процессе раздачи смесителями-раздатчиками кормосмеси за счет действия центробежных сил с учетом разницы коэффициентов парусности и скорости витания частиц корма и примесей при вычесывании потока кормосмеси битером.

С целью проверки достоверности указанной гипотезы были проведены теоретические исследования по определению условий работоспособности устройства для отделения твердых органических примесей, отделения от штифта битера и движения твердых частиц корма и примесей по траектории свободного полета, а также расчет и построение траектории полета для частиц (тел) разных масс, определение параметров и принципиальной схемы устройства для отделения твердых органических примесей при выполнении смесителем-раздатчиком раздачи кормосмеси.

Для расчета и построения траекторий движения частиц корма и примесей воспользуемся методом составления приближенных уравнений, допускающих простое решение и получение конечных формул [3].

Рассмотрим теоретический расчет траектории движения частиц кормосмеси и примесей после отрыва от штифта битера, расположим начало координат в центре вращения битера O , обозначив координаты точки схода Y_0 и X_0 (рисунок 1).

Частица совершает восходящее и нисходящее движение и находится под действием двух сил: силы тяжести и силы сопротивления воздуха.

Обозначим сопротивление воздуха через kmv , где k – коэффициент парусности; m – масса частицы, кг; v – скорость, м/с. Тогда дифференциальные уравнения движения частицы в декартовых координатах можно записать в таком виде:

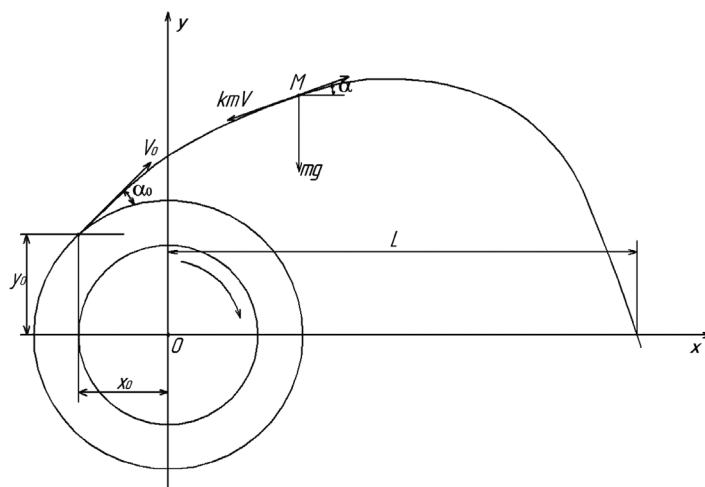


Рисунок 1. – Расчетная схема полета частицы после отрыва от битера

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kmv \cos \alpha;$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -mg - kmv \sin \alpha.$$

Учитывая, что

$$v \cos \alpha = \frac{dx}{dt},$$

$$v \sin \alpha = \frac{dy}{dt}.$$

В первой части расчета определим начальную скорость вылета частиц кормосмеси и приме-сей со штифта битера, расчетная схема представлена на рисунке 2.

Условие сбрасывания массы со штифта битера [4]:

$$mg \cos \gamma + m\omega^2 r \geq f(mg \sin \gamma + 2m\omega v_r),$$

где m – масса частицы, кг; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; γ – угол поворота штифта относительно вертикальной оси, rad ; ω – угловая скорость битера, rad/c ; r – радиус вращения частицы, m ; f – коэффициент трения о штифт; v_r – относительная скорость вдоль штифта, m/c .

Сила R , с которой сбрасывается масса со штифта:

$$R = mg \cos \gamma + m\omega^2 r - f(mg \sin \gamma + 2m\omega v_r). \quad (1)$$

В начальный момент полета на массу будет действовать сила Ньютона:

$$R = k_n \cdot m \cdot v_0^2, \quad H, \quad (2)$$

где k_n – коэффициент парусности, $k_n = \frac{k\gamma l^2}{mg}$; v_0 – относительная скорость массы, m/c .

Приравнивая выражения (1) и (2) и пренебрегая членом $2m\omega v_r$ вследствие малой скорости v_r , приняв $f = \operatorname{tg} \varphi$, где φ – угол трения, выражаем начальную скорость

$$v_0 = \sqrt{\frac{1}{k_n} [g \cos(\gamma + \varphi) + \omega^2 r]}, \quad m/c.$$

Скорость витания может быть получена опытным путем, так как при ней выполняется усло-вие [3]:

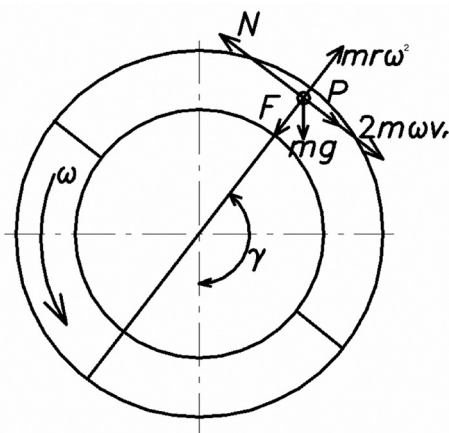


Рисунок 2. – Схема действия сил на части-цу на штифте битера

$$G = \lambda \cdot v^2;$$

$$v = \sqrt{\frac{G}{\lambda}},$$

где λ – коэффициент сопротивления; G – вес частицы, H .

При расчете используются коэффициенты a и c , кото-рые обозначают следующие постоянные:

$$c = \sqrt{\frac{G}{\lambda}};$$

$$a = \frac{\lambda g}{G}.$$

Вычислим коэффициент a через c :

$$a = \frac{\lambda g}{G} = \frac{g}{\left(\sqrt{\frac{G}{\lambda}}\right)^2} = \frac{g}{c^2}.$$

Затем определяются коэффициенты k_x и k_y для расчета координат траектории [3]:

$$k_x = \frac{\ln \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_0}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}{\alpha_0};$$

$$k_y = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha_0 - \alpha_0} - 1.$$

Координата x определяется по формуле:

$$x = \frac{1}{k_x a} \ln(k_x a v_0 \cos \alpha_0 \cdot t + 1).$$

Координата y при восходящем движении:

$$y = \frac{1}{k_y a} \ln \frac{\cos(\delta - \sqrt{k_y a c t})}{\cos \delta},$$

где $\delta = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{k_y} v_0 \sin \alpha_0}{c}$ – постоянная интегрирования.

Координата y при нисходящем движении:

$$y = h - \frac{1}{k_y a} \ln \operatorname{ch} \sqrt{k_y a c t'},$$

где h – высота, с которой началось нисходящее движение частицы; t' – время, в течение которого частица совершала нисходящее движение.

Теоретические исследования показывают, что различная дальность полета частиц корма и примесей обусловлена скоростью витания и коэффициентом парусности.

С целью определения параметров устройства проведем приближенный расчет траектории полета частиц корма и примесей в зависимости от линейной скорости штифтов битера.

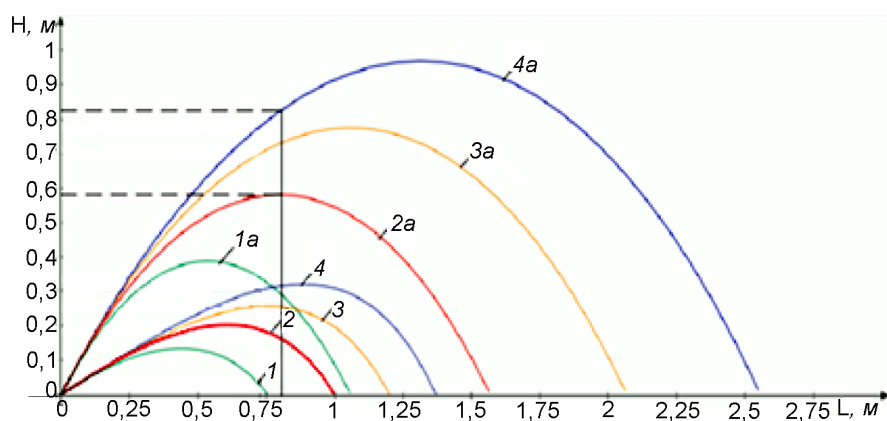
Основными исходными параметрами для расчета и построения траекторий полета являются скорость витания v , начальная скорость вылета v_0 , угол выбрасывания α_0 частиц корма и примесей.

С учетом ранее проведенных исследований [5] в расчет принимаем скорость витания для частиц силоса 15 м/с, частиц примесей (камней) – 40 м/с, оптимальный угол выбрасывания для частиц силоса – 30° [6].

Для оптимизации расчета и достижения его высокой точности дальнейшие вычисления проведены в программе Mathcad Prime 3.1, используя уточненные данные [7].

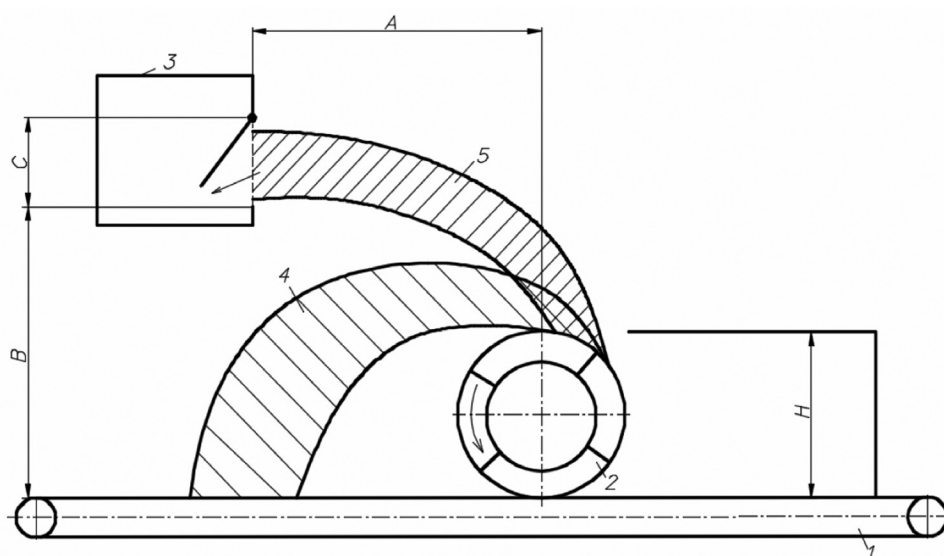
На основе теоретических исследований для расчета дальности полета частиц кормовой смеси и примесей построена теоретическая траектория полета частиц корма и примесей при различных скоростях битера. С использованием графических методов, учитывая реальные параметры выгрузного транспортера смесителя-раздатчика, определены координаты расположения уловителя механических примесей по высоте при установке битера над выгрузным транспортером.

Так, при установке битера над выгрузным транспортером смесителя-раздатчика и линейной скорости штифтов битера от 3 до 5 м/с координата расположения уловителя механических примесей по высоте должна иметь размер не более 550 мм, расстояние от оси битера до уловителя – не менее 800 мм, при этом ширина окна уловителя должна быть не менее 300 мм, как показано на рисунке 3.



1, 2, 3, 4 – теоретическая траектория движения частиц корма при скорости бitera соответственно 2, 3, 4 и 5 м/с;
 1a, 2a, 3a, 4a – теоретическая траектория движения частиц примесей при скорости бitera соответственно 2, 3, 4 и 5 м/с

Рисунок 3. – Координаты расположения уловителя механических примесей по высоте при установке бitera над выгрузным транспортом



1 – выгрузной транспортер; 2 – битер; 3 – уловитель; 4 – поток кормосмеси; 5 – поток примесей

Рисунок 4. – Принципиальная схема устройства для отделения механических примесей в процессе раздачи кормосмесей

По результатам теоретических изысканий определена принципиальная схема устройства для отделения органических примесей от кормосмеси в процессе раздачи с поперечным расположением бitera и уловителя относительно транспортера (рисунок 4).

Принцип работы устройства состоит в следующем: выгрузной транспортер 1, двигаясь с определенной скоростью, подводит слой массы толщиной H к перебрасывающему битеру 2. Битер, вращаясь в направлении, указанном стрелкой, перебрасывает кормосмесь и механические примеси. При этом непосредственно различие скоростей витания частиц кормосмеси и примесей обуславливает разную дальность их полета. Теоретические исследования показывают, что на расстоянии $A = 800$ мм от центра бitera происходит гарантированное разделение потоков частиц кормосмеси и примесей. Поток частиц примесей 5 пролетает на расстоянии $B = 550$ мм по высоте и попадает в уловитель 3, установленный на его пути. При этом размер C по высоте окна уловителя, с учетом ширины потока примесей, должен быть не менее 300 мм. Поток частиц чистой кормосмеси 4 не долетает до уловителя и, проходя под ним, попадает обратно на выгрузной транспортер 1.

Заклучение

По результатам теоретических исследований определены основные параметры и принципиальная схема устройства для отделения механических примесей в процессе раздачи кормосмесей смесителями-раздатчиками кормов, проверка адекватности полученных результатов требует в дальнейшем проведения экспериментальных исследований.

Литература

1. Санитарно-гигиенические требования к кормам и кормлению животных // АгроАрхив. Сельскохозяйственные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agro-archive.ru/tehnologicheskie-osnovy/734-sanitarno-gigienicheskie-trebovaniya-k-kormam-i-kormleniyu-zhivotnyh.html>. – Дата доступа: 09.11.2016.
2. Санитарно-гигиенические требования к кормам и кормлению животных // РГАУ–МСХА. Зооинженерный факультет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/sanitarno-gigienicheskie-trebovaniya-k-kormam-i-kormleniyu-zhivotnyh/>. – Дата доступа 08.11.2016.
3. Волков, В. А. Приближенный расчет движения тел в сопротивляющейся среде / В. А. Волков // Тр. ВИСХОМ. – М.: ЦБТИ тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, 1959. – Вып. 24. – 17 с.
4. Турбин, Б. Г. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет / Б. Г. Турбин. – Л.: Машиностроение Ленинграда, 1967. – 578 с.
5. Ермохин, Г. И. Экспериментальное исследование ротационного питателя типа фрез-барабана для выемки и погрузки силоса: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. И. Ермохин. – Новосибирск, 1969.
6. Мухин, В. А. Совершенствование технологий и технических средств приготовления кормов с ресурсосбережением в животноводстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / В. А. Мухин. – Саратов, 2005. – 470 с.
7. Серебрякова, Н. Г. Информатика: пособие / Н. Г. Серебрякова, В. Л. Быков. – Минск: БГАТУ. – 2013. – 656 с

УДК 637.112:637.116

Поступил в редакцию 23.06.2017
Received 23.06.2017

**S. Winnicki¹, dr hab. inż., prof., J. L. Jugowar¹, dr hab., prof., Z. Sobek², dr hab., prof.,
A. J. Hendriks³, J. Aerts³, J. Różańska-Zawieja², dr, W. Romaniuk¹, dr hab. inż., prof.**

¹*Institute of technology and life sciences, Poznan, Republic of Poland*

²*Poznań University of Life Sciences, Poznan, Republic of Poland*

³*Lely East sp. z o. o. Ciele, Bydgoszcz, Republic of Poland*

*e-mail: s.winnicki@itp.edu.pl; l.jugowar@itp.edu.pl; zbigniew@up.poznan.pl;
hendriks.aj@wp.pl; jaerts@lely.com; w.romaniuk@itp.edu.pl*

CYTOLOGICAL STATE AND CHEMICAL COMPOSITION OF MILK OF COW-FIRSTWEAR DEPENDING ON THE DAILY AND CONTENT SYSTEM

The study was conducted in a two-barn farm, with primiparous cows as subjects. Both herds were fed using the same feed.

Cows from the conventional barn C were kept in deep litter and milked in a milking parlour. The modern barn M was furnished with box stalls and milking robots. Milk yield and health of calved primiparous cows in the period between 2013 and 2015 was analysed. The C barn housed 82 primiparous cows in total and the M barn housed 246 primiparous cows. Primiparous cows from the M barn presented better milk yields and better hygienic quality of milk. Milk yield obtained during 305 days of lactation was 8,108 kg for barn C and 9,175 kg for barn M. The percentage of milk samples with a somatic cell level exceeding the standard level, i. e. having a somatic cell count of 400,000 per one millilitre or more, was 2,5 % for barn M and 10,6 % for barn C.

Keywords: primiparous cows, milking robot, milk, somatic cell count

С. Винницкий¹, д. с.-х. н., проф., Ю. Л. Юговар¹, д. т. н., проф., З. Собек², д. с.-х. н., проф., А. Я. Хендрикс³, Я. Аэртс³, Я. Ружаньска-Завиея², к. с.-х. н., В. Романюк¹, д. т. н., проф.

¹ Технологический институт природопользования (ИТР), Познаньский филиал, г. Познань, Республика Польша

² Университет естественных наук в Познани, г. Познань, Республика Польша

³ Lely East sp. z o. o. Ciele, г. Быдгощ, Республика Польша

e-mail: s.winnicki@itp.edu.pl; l.jugowar@itp.edu.pl; zbigniew@up.poznan.pl;

hendriks.aj@wp.pl; jaerts@lely.com; w.romaniuk@itp.edu.pl

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ДОЙКИ И СОДЕРЖАНИЯ

Исследование проведено на первотелках в хозяйстве с двумя коровниками. Оба стада кормили одинаковым кормом.

В обычном коровнике С коровы содержались на глубокой подстилке с доением в зале типа «Елочка». В коровнике М коров содержали в боксах и доили роботом фирмы «Лели». Исследовали молочную продуктивность и состояние здоровья вымени первотелок, которые отелились в 2013–2015 гг. В сумме в коровнике С было 82, а в М – 246 первотелок. Коровы в коровнике М имели более высокую продуктивность и гигиеническое качество молока. Продуктивность за 305 дней в коровнике С составила 8108 кг, а в М – 9175 кг. Пробы показали, что молоко нестандартное с количеством соматических клеток свыше 400 тыс. в 1 мл в коровнике М составило 2,5 %, а в коровнике С – 10,6 %.

Ключевые слова: коровы-первотелки, доильный робот, молоко, количество соматических клеток.

Milk production is among the most important subsectors of agricultural production both in Poland and in Belarus. In 2015, Milk production value constituted 16,4 % of agricultural production of goods in Poland. (Rolnictwo... 2016).

The general number of cows has recently decreased, which was accompanied by an increase in unit milk yield. The total number of cows became constant and was estimated to be around 2,100,000, with a mean milk yield per year being slightly higher than 5500 kg. The milk yield obtained in cows subjected to use value assessment (36 % of the total number of cows in Poland), which was 7,865 kg in 2016, indicates that the level of increase in milk yields is high (Wyniki prac... 2017).

Currently, one of the basic goals of cattle husbandry is to ensure sufficient hygienic and chemical quality of milk. The hygienic quality of milk is determined by the total number of microorganisms and somatic cell count (SCC). Compliance with hygiene standards and practices for udders and milking devices makes it possible to ensure an acceptable total number of microorganisms. Increased somatic cell count is a more serious issue. It is an indicator of mastitis – an udder condition caused by various factors (Malinowski and Kłossowska 2002, Litwińczuk et al. 2015).

Mechanisation of cow handling is performed by introducing constantly improved devices that replace manual work. Automation is the most developed form of mechanisation. The hardest task to automate was milking. That is why it was not until 1992 when the first milking robot manufactured by Lely was used for production in the Netherlands (Lipiński and Winnicki 1997). Milking robots do not automatically protect against udder diseases (Veantier 1999, Tischer 2009). Therefore, providing a comparison of the quality of milk obtained using such robots with the quality of milk obtained using a conventional milking system is essential.

The aim of the study was to compare milk yield, chemical composition, and somatic cell count of the milk of primiparous cows kept in a conventional barn C and a modern barn M.

Materials and methods

The research subjects were black-and-white primiparous Polish Holstein-Friesian cows kept in two barns belonging to the same owner. The feed was the same in both barns. The barns were different in terms of housing and milking systems used (Table 1).

The study included cows that calved in 2013, 2014, and 2015 and had 305 days of lactation. The collected information included data on 82 cows from barn C and data on 246 cows from barn M. Reference data used to compare yield results from cows in both barns were taken from a use value assessment conducted by the Polish Federation of Cattle Breeders and Dairy Farmers using the A 8 method.

The following parameters were analysed:

Table 1. – General overview of housing, feeding, and milking systems used in the studied barns

System	Solution used in the barn	
	C – conventional barn	M – modern barn
Housing	deep litter, 7,5 m ² per cow	box stalls with litter bedding and grill feed alley floor; the floor was cleaned by a robot
Feeding	TMR	PMR – concentrate feeds at milking points and the feeding station
Milking	twice a day, fishbone parlour 2 × 9	4 Lely milking robots

- somatic cell count,
- milk, fat, and protein yield in kg,
- fat and protein content in milk.

Cytological classification of milk (Table 2) was performed using a grading system recommended by the National Mastitis Council (NMC) and the Dairy Herd Improvement Association (DHIA).

Table 2. – SCC grades of milk

SCC grade	Somatic cell count in 1 ml – in thousands
1	up to 25
2	25.1 – 50
3	50.1 – 100
4	100.1 – 200
5	200.1 – 400
6	400.1 – 800
7	≥ 800.1

(National ...2006, Philpot and Nickerson 2006)

Results and discussion

Milk yields in both studied barns were higher when compared to the general population of Polish primiparous cows (Table 3). In barn C, this difference was approx. 10 % after both 100 and 305 days of lactation. In barn M, on the other hand, yield increase was approx. 25 %. Fat and protein content in milk was nearly the same for the general population of cows in Poland (P) and both studied barns (Table 3).

Table 3. – Milk yield in primiparous cows after 100 and 305 days of lactation in the conventional barn and the modern barn

Herd	Yields – kg			Composition – %		Milk yield – %
	Milk	Fat	Protein	Fat	Protein	
after 100 days of lactation						
C	2994	112,7	97,5	3,84	3,32	111,0
M	3397	125,2	110,4	3,72	3,26	126,0
P	2697	105,0	83,0	3,88	3,07	100,0
after 305 days of lactation						
C	8108	326,5	282,5	4,00	3,49	109,7
M	9175	355,5	315,7	3,90	3,43	124,2
P	7390	293,0	242,0	3,96	3,27	100,0

The results presented in Table 3 indicate that feeding in the studied barns (C and M) was more appropriate compared to large cattle farms in Poland. Higher milk yield and, above all, higher protein content support this statement.

As far as large cattle farms are concerned, protein content after 100 days of lactation was only 3,07 % and after 305 days of lactation – 3,27 %. It has been generally accepted that protein content should be higher than 3,10 % after the first 100 days, higher than 3,20 % between the 100th and the 200th day, and higher than 3,30 % in the subsequent days of lactation (Brade and Brade 2010). National average protein

content results show that the cows are fed in a way not satisfying their energy requirements (Ziemiński and Juszczak 1997, Morel et al. 2010).

Milk obtained from the studied barns had different SCC grades (Table 4). Milk from barn M had higher quality than milk from barn C. In the course of the whole lactation period, only 2,5 % of milk samples indicating subclinical mastitis (grade 6) and clinical mastitis (grade 7) were collected in barn M, whereas the percentage of grade 6 and grade 7 milk samples in barn C was higher – 10,5 %. In addition, distribution of milk samples of the remaining grades (1 through 5) that were giving results within the correct range value (the SCC did not exceed 400,000) was more favourable for samples from barn M compared to samples from barn C. Usually there was a one grade difference between median values obtained in barn C and barn M in favour of the latter.

Table 4. – Rozkład prób mleka pod względem cytologicznym w miesiącach laktacji w oborze K i N

DHI milk grade	Percent of milk samples in subsequent months of lactation in the barns										Lactation in the barns – total	
	1–2		3–4		5–6		7–8		9–10		C	M
	C	M	C	M	C	M	C	M	C	M		
1	15,9	17,3	17,1	22,8	19,5	21,3	15,9	23,6	22,0	20,0	18,0	21,0
2	29,3	28,0	26,8	27,2	20,7	27,0	15,9	21,9	14,5	22,8	21,5	25,5
3	23,2	24,8	30,5	26,4	24,4	25,6	28,0	23,6	20,7	22,8	25,4	24,6
4	14,6	18,5	13,4	15,3	20,7	15,0	18,3	19,4	22,0	19,4	17,8	17,5
5	8,5	7,9	3,7	7,1	4,9	8,3	6,0	9,1	11,0	12,2	6,8	8,9
6	8,5	3,5	8,5	1,2	9,8	2,8	15,9	2,4	9,8	2,8	10,5	2,5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Distribution of milk samples during the whole lactation period was the same in both barns. It means that udder health did not deteriorate in the course of lactation.

As shown above (Malinowski and Kłossowska 2002), mastitis is caused by various factors. They often include technology and milking hygiene. Milking robots perform all actions programmed by man with consequence and accuracy, thus exerting positive impact on the udder. Experience shows that improvement in udder health does not start right after introducing automatic milking (Veantier 1999, Klungel et al. 2000, Kruip et al. 2002, Svennersten-Sjaunja, Pettersson 2008).

Desirable values of udder health levels can be found in the source literature. For instance, Kroemker and Friedrich (2011) provide the following values:

- a) number of cows with SCC higher than 100,000 per millilitre – less than 25 %
- b) number of cows with SCC higher than 100,000 per millilitre upon the first use value assessment – less than 15 %
- c) number of cows with SCC higher than 700,000 per millilitre – less than 3 %.

After comparing the results obtained from the studied barns with the above data obtained from literature, it was concluded that the barn M group is compliant with the requirement presented in Article «c» and almost compliant with the requirement presented in Article «a». On the other hand, barn C was found non-compliant with any presented requirement.

Conclusions

The new housing system using box stalls and milking system using milking robots positively affected milk production levels and its hygienic quality in primiparous cows.

References

1. Brade, E. Milchharnstoff als Indikator nutzen / E. Brade, W. Brade // Neue Landwirtschaft. – 2010. – № 5. – S. 67–68.
2. Fischer, M. Roboter bleiben gefragt / M. Fischer // Neue Landwirtschaft. – 2009. – № 12. – S. 8.

3. Klungel, G. H. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality / G. H. Klungel, B. A. Slaghuis, H. Hogeveen // *J. Dairy Sci.* – 2000. – № 80. – S. 427–436.
4. Kroemker, V. Empfehlungen zum diagnostischen Aufwand im Rahmen der Mastitisbekämpfung auf Bestandesebene / V. Kroemker, J. Friedrich // *Praktischer Tierarzt.* – 2001. – № 9. – S. 516–524.
5. Kruip, T. A. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts / T. A. Kruip, M. H. Morice, M. Robert and W. Ouweltjes // *J. Dairy Sci.* – 2002. – № 85. – S. 2576–2581.
6. Lipiński, M. Wstępna ocena funkcjonowania robota do dojenia firmy Lely Industries N. V. / M. Lipiński, S. Winnicki // *Problemy Inżynierii Rolniczej.* – 1997. – № 1. – S. 99–106.
7. Litwińczuk, Z. Factors determining the susceptibility of cows to mastitis and losses incurred by producers due to the disease – a review / Z. Litwińczuk, J. Król, A. Brodziak // *Ann. Anim. Sci.* Vol 15. – 2015. – № 4. – S. 819–831.
8. Malinowski, E. Diagnostyka zakażeń i zapaleń wymienia / E. Malinowski, A. Kłossowska // Państwowy Instytut Weterynaryjny. – Puławy, 2002.
9. Morel, I. Einfluss eines Energiedefizits auf die Zusammensetzung der Milch / I. Morel, U. Collomb, A. Dorland, R. Bruckmaier // *Agrarforschung Schweiz* 2010. – № 1(2). – S. 66–73.
10. National Mastitis Council (NMC) [Electronic resource]. – 2006. – NMC recommended mastitis control program. – Mode of access: <http://www.nmconline.org/docs/NMCchoecklistInt.pdf>. – Date of access: 14.09.2016.
11. Peters-Sengers, R. Automatic milking systems as a risk factor for intramammary infections caused by environmental pathogens / R. Peters-Sengers // *J. Dairy Sci.* – 2014. – № 93(9). – S. 4019–4033.
12. Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w Polsce. – Warszawa: Wyd. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2016.
13. Sontheimer, A. (Un) heimlich krank / A. Sontheimer // *Neue Landwirtschaft.* – 2011. – № 5. – S. 74–76.
14. Svennersten-Sjaunja, K. M. Pros and cons of automatic milking in Europe / K. M. Svennersten-Sjaunja, G. Petersson // *J. Anim. Sci.* – 2008. – № 86 suppl. 1. – S. 37–46.
15. Wyniki prac hodowlanych w roku 2016 / Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka – Warszawa.
16. Veanthier, G. Das Management ist noch wichtiger als beim Melkstand G. Veanthier // *Top Agrar.* – 1997. – № 2. R. – S. 16–21.
17. Ziemiński, R. Zawartość mocznika w mleku, jako wskaźnik stosunku białkowo-energetycznego w dawce pokarmowej dla krów mlecznych / R. Ziemiński, J. Juszcak // *Postępy Nauk Rolniczych.* – 1997. – № 3. – S. 73–82.

УДК 637.1.02(478–25)

Поступил в редакцию 23.06.2017

Received 23.06.2017

В. М. Побединский¹, д. хаб. т. н., проф., **П. Н. Михайленко²**, к. т. н.,
Л. Ф. Волконович¹, д. хаб. т. н., проф., **А. А. Мартын¹**, инженер,
В. В. Милешко¹, мастер ветеринарной медицины

¹*Государственный аграрный университет Молдовы (ГАУМ), Кишинев, Республика Молдова
e-mail: pobedinsky@uasmd*

²*Компания ОАО «Брацлав». Доильное оборудование и оборудование для молочного скота,
п. г. т. Брацлав, Винницкая обл., Украина
e-mail: petrmykhailenko@gmail.com*

ЭЛЕМЕНТЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА НА УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ГАУМ

Обоснована модель биотехнологического мониторинга технологического, в частности доильного, оборудования, которая является залогом сохранения здоровья и высокой продуктивности молочного скота и обеспечения качества продукции. Показана возможность тестирования доильного оборудования и биотехнологического контроля основных параметров процесса доения в соответствии с требованиями стандартов ISO 5707 и 6690:2007 при использовании многофункционального прибора EXITEST-3 с искусственным соском-датчиком. Для проведения влажного тестирования доильного оборудования использована система BioControl VaDia.

Ключевые слова: модель биотехнологического мониторинга, технологическое оборудование, стандарты ISO, искусственный сосок-датчик, измеритель параметров EXITEST 3, уровень вакуума, BioControl VaDia.

ELEMENTS OF BIOTECHNOLOGICAL MONITORING OF MILK PRODUCTION AT THE SAUMTRAINING AND EXPERIMENTAL COMPLEX

Is substantiated biotechnological monitoring model of technological, in particular milking equipment, which is the key to maintaining the health and high productivity of dairy cattle and ensuring product quality. Is shown the possibility of testing milking equipment and biotechnological control of the main parameters of the milking process, in accordance with the requirements of ISO 5707 and 6690:2007, when using the multifunction device EXITEST-3 with an artificial teat sensor. To conduct wet testing of milking equipment, the BioControl VaDia system was used.

Keywords: biotechnological monitoring model, technological equipment, ISO standards, artificial teat sensor, EXITEST 3 parameters meter, vacuum level, BioControl VaDia.

Введение

Эффективная работа технологического оборудования является залогом высокого качества ценнейшего продукта – молока, сохранения здоровья и высокой продуктивности молочного скота. При этом своевременный биотехнологический мониторинг позволяет оптимизировать производительность оборудования, снизить энергозатраты, увеличить срок службы при высокой надежности, снизить риск аварийных ситуаций.

Производство качественного молока на учебно-экспериментальном комплексе Государственного аграрного университета Молдовы (ГАУМ) обеспечивается только при комплексном взаимодействии всех звеньев системы: животных, технологического оборудования и операторов, с использованием электронной системы управления с программой типа AfiFarm. Это возможно при внедрении биотехнологического мониторинга процессов производства и переработки молока.

Материалы и методы

Основные идеи биотехнологического мониторинга заложены в «Модели биотехнологического мониторинга производства и переработки молока на учебно-экспериментальном комплексе ГАУМ» (рисунок 1).

Как следует из модели биотехнологического мониторинга, система учебно-экспериментального комплекса разбита на ряд подсистем, каждая из которых выполняет определенный технологический процесс (раздачу корма, доение и первичную обработку молока, уборку навоза и т. д.) и, таким образом, образует технологические линии с определенным технологическим оборудованием и энергетическими средствами.

Число машин (элементов), входящих в каждую технологическую линию, будет различным и зависит от ее структуры. Структура технологической линии будет зависеть также от объема и вида выполняемой работы. При этом функционирование каждой технологической линии должно быть направлено на получение качественного продукта, который производит животноводческое предприятие (объект). Таким образом, задача технической системы животноводческого предприятия сводится к тому, чтобы выполнить весь объем работ, предусмотренный технологией производства продукции с наименьшими затратами труда и ресурсов, при сохранении здоровья и продуктивности животных. Для выполнения данной задачи техническая система должна обеспечить два условия, которые можно назвать «необходимыми» и «достаточными». Под «необходимым» условием будем понимать эффективность функционирования технической системы, то есть необходимо обеспечить работоспособность технической системы, так как работоспособная техническая система обеспечит механизацию и автоматизацию технологических процессов. Под «достаточным» условием будем понимать экономическую эффективность функционирования технической системы, то есть подразумевается, что выполняется «необходимое» условие, техническая система находится в работоспособном состоянии, но при этом имеет такие

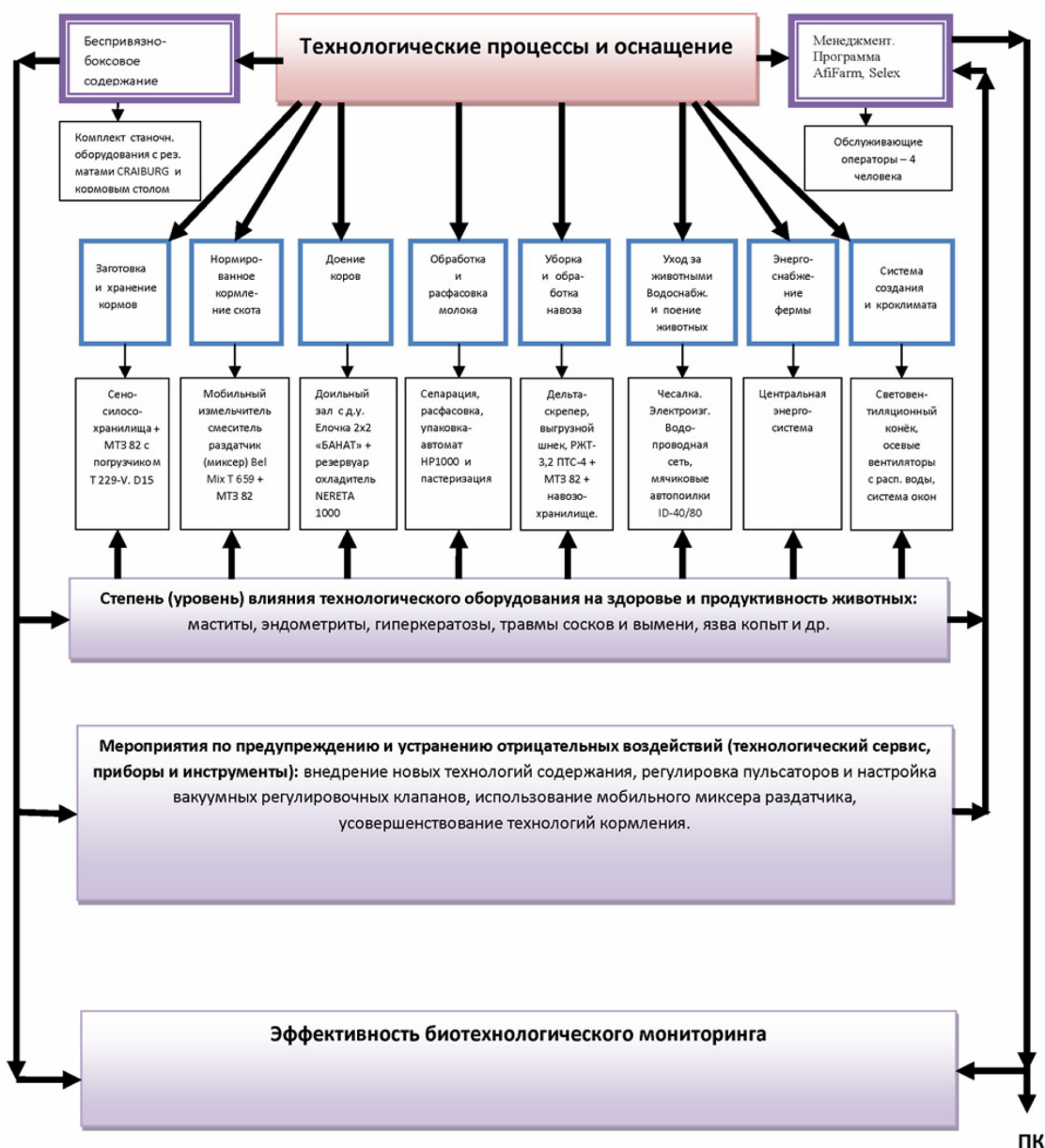


Рисунок 1. – Модель биотехнологического мониторинга производства и переработки молока на учебно-экспериментальном комплексе ГАУМ

технико-экономические параметры, которые обеспечивают минимальную себестоимость производимой продукции. В модели учтены возможные нарушения здоровья и продуктивности животных, вызванные неэффективной эксплуатацией технологического оборудования и элементов производственного помещения. По итогам биотехнологического мониторинга предлагаются мероприятия по предупреждению и устранению отрицательных воздействий: внедрение новых технологий содержания, использование прогрессивного технологического оборудования, современных средств биотехнологического сервиса – системы датчиков контроля, приборов и инструментов, программ контроля и управления. В результате ожидается эффект от комплекса предлагаемых мероприятий системы биотехнологического мониторинга.

На учебно-экспериментальном комплексе ГАУМ в исходном варианте доильная установка «Елочка» не была оснащена системой автоматизации, что не позволяло решать проблемы контроля и управления всем технологическим комплексом. Предлагается внедрение системы биотехнологического мониторинга производства молока с использованием электронной системы управления

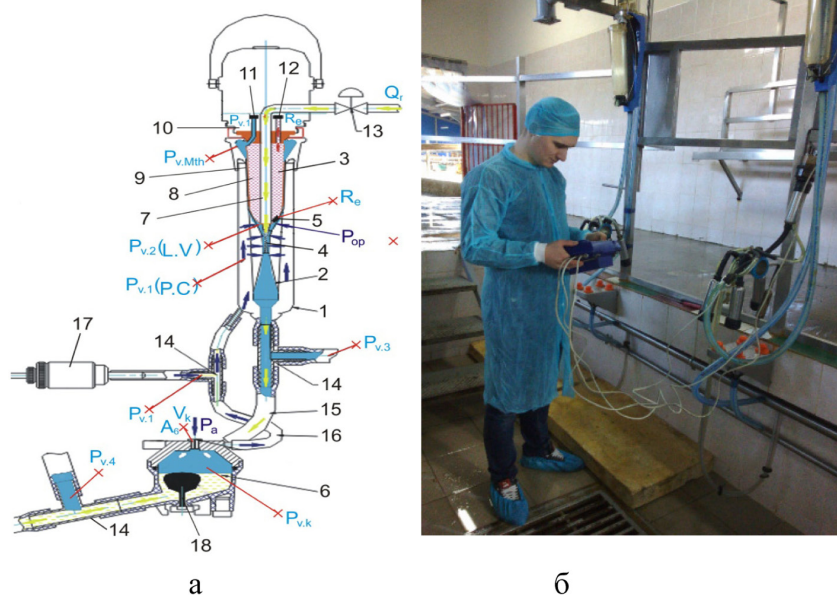
стадом AfiFarm. Особое внимание уделяется мониторингу доильного оборудования. Таким образом, предлагается модернизация доильного зала. Доильная установка «Елочка» в соответствии с новой концепцией управления фермой Afimilk оснащается системой идентификации с ридерами, фотодатчиками, калитками, электронными молокомерами с системой датчиков и пультами Afi-flow; онлайн анализаторами AfiLab; весами для взвешивания коров в движении Afiweight и др. Все контролируемые параметры передаются на персональный компьютер с программой AfiFarm. Однако работоспособность всего этого комплекса в значительной мере зависит от четкой организации его технического сервиса. Особое внимание мы уделяем доильному оборудованию, тестирование которого проводим, руководствуясь стандартами ISO 5707 и 6690:1996.

Результаты и дискуссия

Для тестирования доильного оборудования и технологического контроля основных параметров процесса доения используем разработанный АО «Институт ELIRI» совместно с Государственным аграрным университетом Молдовы (ГАУМ) и ОАО «Брацлав» микропроцессорный измеритель EXITEST-3. Для контроля подвесной части доильных аппаратов этот прибор оснащен искусственным соском-датчиком (ИСД), устанавливаемым в доильный стакан (рисунок 2). На подвесной части доильного аппарата, помимо регистрации стандартных параметров пульсатора, коллектора и доильных стаканов, показана возможность контроля состояния сосковых резин с помощью искусственного соска-датчика.

ИСД позволяет оценить в динамике комплексное воздействие сосковых резин доильных стаканов на все тело соска, в том числе их массирующее действие на его кончик по сверхдавлению R_c . Это позволяет оценить состояние и пригодность сосковых резин доильных аппаратов.

В стандартах ISO 5707 и 6690 важное место отводится «влажному тестированию», которое мы реализовали, применяя технологию BioControl VaDia [2]. С использованием игл (специальных трубок) и модуля, обеспечивающего беспроводную передачу информации на компьютер со специальной программой, система VaDia регистрирует уровень вакуума (рисунки 3 и 4) в четырех точках (MPC – R вакуум в камере присоска сосковых резин передней пары доильных стаканов – $V1$; MPC – F вакуум в камере присоска сосковых резин задней пары доильных стаканов – $V4$; SPT – вакуум в межстенной камере – короткой трубке вакуума пульсации – $V2$; $V3$: SMT – вакуум в короткой молочной трубке) во время доения и работает полностью автономно. После дойки данные могут быть проанализированы подробно, с четким указанием на все нехарактерные



а – принципиальная схема; б – рабочий момент тестирования
Рисунок 2. – Тестирование подвесной части доильного аппарата с использованием ИСД [3]

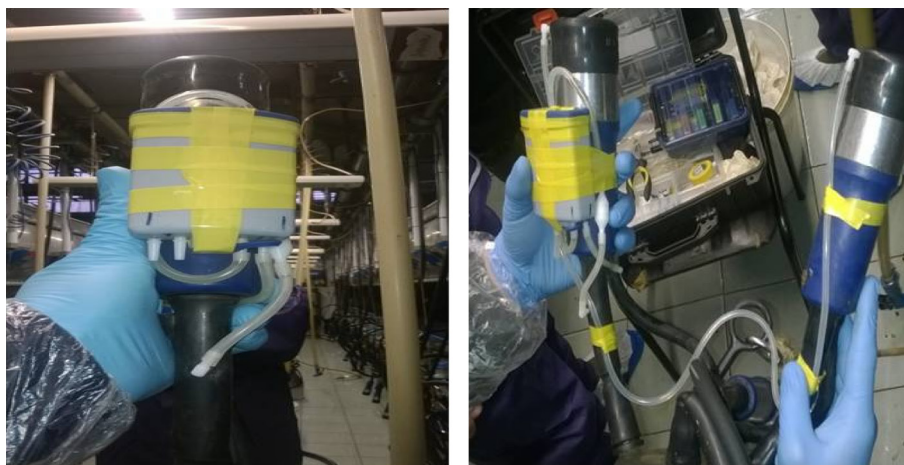
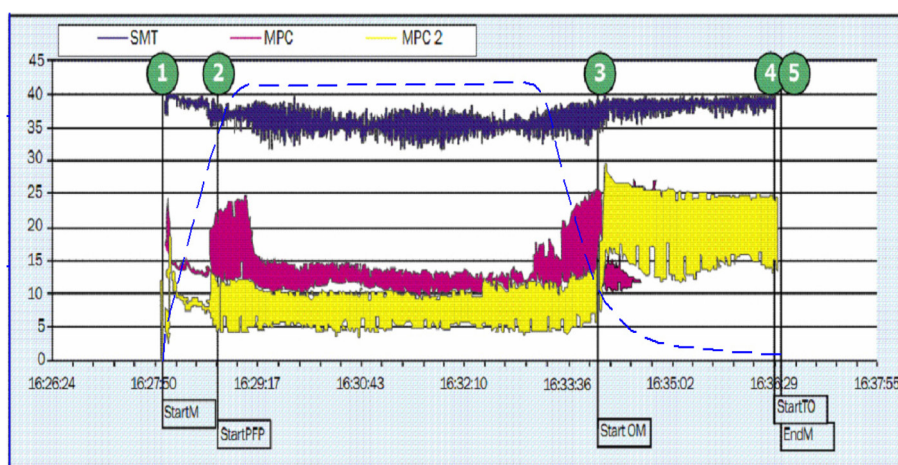


Рисунок 3. – Рабочие моменты влажного тестирования совместно с фирмой ValioOy на молочном комплексе ЗАО «Гатчинское» (Санкт-Петербург, 2015 г.) с использованием системы BioControl VaDia



темно-синий – вакуум в короткой молочной трубке SMT; синий – интенсивность молокоотдачи;
красный – вакуум в присоске задней пары стаканов; желтый – вакуум в присоске передней пары стаканов

Рисунок 4. – Характерная вакуумная диаграмма параметров подвесной части доильного аппарата, регистрируемых в период динамического тестирования с помощью VaDia [2]

флуктуации вакуума, и определено, где неэффективно функционирует узел доильного оборудования и нарушена процедура доения. Использование расчетных методов и результатов алгоритмов в диаграммах циклов пульсаций и вакуумного режима доения позволяет испытателю представить протокол, понятный фермеру. Технология VaDia помогает проанализировать (рисунок 4) уровень вакуума и его колебания – флуктуации; моменты соскальзывания сосковых резин доильных стаканов; обратный поток-впрыск молока; установку и снятие подвесной части доильных аппаратов; вакуумный режим и настройку пульсаторов.

На диаграмме (рисунок 4) определены четыре фазы доения и отмечены в цифровом виде пять расчетных линий: 1. Старт доения; 2. Начало пикового периода потока; 3. Начало додаивания; 4. Начало снятия; 5. Конец доения.

Тестирование доильного оборудования с использованием системы VaDia проведено нами совместно с фирмой ValioOy на молочном комплексе ЗАО «Гатчинское», д. Большие Колпаны, Гатчина, Санкт-Петербург, Россия. Комплекс рассчитан на 1200 коров, из которых 950 дойных. Дойка проводится 2–3 раза на доильной установке «Параллель» («Бок о бок») на 40 мест (SAC). Использована программа AfiFarm3 (Afirmilk) на доильных аппаратах Uniflov 3, сосковая резина Milk Rite IP13U. Тестирование проводилось при доении 15 коров из разных групп. Пример диаграммы из отчета по тестированию приведен на рисунке 5.

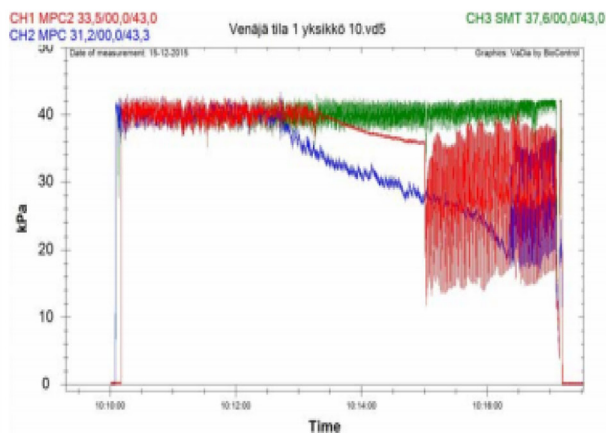
Customer

R 1
Gatchinkoje

Advisor

Esa Manninen
Valio Oy
050 398 7887

Test Date: 15-12-2015



Animal	1
Attachment	10:10:05
Machine on	07:06
Overmilking	00:43
Average short milk tube vacuum	
Total	39,8
PF period	39,8
Overmilking	41,3
Cycl. Vac. Fl.	
Minimum	38,2
Average	39,8
Maximum	42,0
MPCVac. PFP	32,8
Irr. Vac. Fl.	1
Av. Milk Flow	2,8
Milk yield	20,0

Рисунок 5. – Диаграмма доения коровы № 1 с нарушениями вакуумного режима доения и режима додаивания

По результатам тестирования сделаны следующие заключения. *Подготовка и стимулирование соска*: очень хорошие. Время подготовки составляет 56 с, установка с задержкой 1 мин 31 с. 11 наблюдений. *Машинное время и поток молока*: машинное время было немного завышено. Скорость потока молока была средней. *Сверх / недодаивание*: слишком длительное додаивание: 1 мин 26 с (должно быть в пределах 1 минуты). *Рабочий вакуум в коллекторе*: на верхней рекомендованной границе – 40 кПа. *Стабильность вакуума*: количество нерегулярных флуктуаций вакуума в подсосковом вакууме было также высоким. *Вакуум в молокопроводе*: достаточно стабильный. *Вакуум в камере присоска*: в 4 из 15 доений был выше 30 кПа, что составляет 27 %. Рекомендация – ниже 30 %.

Заключение

Прогресс в развитии молочного животноводства предполагает внедрение биотехнологического мониторинга производства молока при эффективном использовании как отечественных, так и зарубежных прогрессивных средств биотехнологического контроля и тестирования доильного оборудования, в частности микропроцессорного прибора EXITEST-3 (с искусственным соском-датчиком). Для проведения влажного тестирования доильного оборудования целесообразно использовать систему BioControl VaDia. Это послужит залогом высокого качества молока, сохранения здоровья и высокой продуктивности молочного скота. При этом своевременный биотехнологический мониторинг производства качественного молока на учебно-экспериментальном комплексе ГАУМ позволит оптимизировать производительность технологического оборудования, снизить энергозатраты, увеличить срок службы при высокой надежности, снизить риск аварийных ситуаций. Особая роль отводится использованию электронной системы управления с программой типа AfiFarm.

Литература

1. Mein, G. A. Effects of milking on teatend hyperkeratosis: Mechanical forces applied by the teat cup liner and responses of the teat / G. A. Mein, D. M. Williams and D. J. Reinemann // 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26–29, 2003. – Pp. 114–123.
2. Новая технология (VaDia) контроля вакуумного режима во время доения Epi Postma, BioControl AS, Rakkestad – Norway // BioControl [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.biocontrol.no/down/NMC_Florida2_low_res.pdf. – Дата доступа: 14.03.2017.

3. Алейников, Е. Модернизированный прибор EXITEST-3 для технологического контроля доильного оборудования и процесса доения / Е. Алейников, Е. Бадинтер, А. Гончар, А. Иойшер, В. Побединский // Тр. XIV Междунар. симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных / Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. – Углич, 2008.

УДК 636.02.03

Поступил в редакцию 05.09.2017

Received 05.09.2017

В. К. Скоркин¹, д. с.-х. н., проф., **И. А. Тихомиров¹**, к. с.-х. н., доц.,
В. П. Аксенова¹, инженер-исследователь, **О. Л. Андрухина¹**, инженер-исследователь,
Н. Г. Бакач², к. т. н., доц.

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства»,
г. Москва, Российская Федерация

e-mail: vniimzh@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ КОРОВ – ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Увеличение производства молока – одна из важнейших задач отрасли молочного скотоводства. Удельный вес молока в валовой продукции сельского хозяйства составляет более 20 %. В статье рассмотрено состояние молочного скотоводства в России, проанализированы причины снижения производства молока и сокращения продуктивного долголетия коров. Показаны пути роста валового производства молока при сокращающемся поголовье скота за счет продуктивного долголетия коров, способствующего увеличению их пожизненной молочной продуктивности. Приведены средние показатели пожизненной продуктивности и продуктивного долголетия коров при различных способах содержания, а также средние показатели пожизненной продуктивности и продуктивного долголетия коров в помещениях с различной температурой внутреннего воздуха. Дана экономическая оценка увеличения срока продуктивного использования коров при всех остальных составляющих комфортного их содержания.

Ключевые слова: пожизненная продуктивность, долголетие коров, экономическая эффективность.

V. K. Skorkin¹, I. A. Tikhomirov¹, V. P. Aksenova¹, O. L. Andruhina¹, N. G. Bakach²

¹FGBNY «All-Russian research institute of livestock mechanization», Moscow, Russian Federation

e-mail: vniimzh@mail.ru

²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus

COWS' PRODUCTIVE LONGEVITY – IS THE MILK PRODUCTION INCREASING BASIS

Milk production increase is one of the most important tasks of dairy cattle breeding's branch. The milk specific weight proportion in output of agriculture is more than 20%. The article describes the Russian of dairy cattle breeding state, the reasons of milk production declining and cows productive longevity reducing are analyzed. The ways of total milk production growth at the livestock number decreasing at the cows productive longevity expense that their total milk production increase are shown. The average indicators of cows total productivity and longevity at different keeping systems as well as the cows average life-term of productivity and productive longevity in the areas with different temperature of the internal air are given. The economic evaluation of the cows productive use increasing period at all the other components of a comfortable content are given.

Keywords: lifetime total production, cows longevity, economic efficiency.

Введение

Молоко и молочные продукты являются значимой составляющей полноценного питания населения страны, что указывает на важную роль молочного скотоводства. Однако производство молока в России продолжает отставать от физиологических потребностей населения согласно медицинским нормам питания. Среднегодовое производство молока в стране на протяжении последних лет находится в пределах 30,5–30,8 млн т.

На фоне снижения поголовья коров в России наблюдается рост их молочной продуктивности. Наибольшее увеличение отмечается в сельскохозяйственных организациях коллективной собственности, где продуктивность за последние пять лет выросла на 18 %. В среднем по России за этот же период рост продуктивности составил 8 % [1].

Молочная продуктивность коров является одним из основных производственных параметров в хозяйствах при планировании экономических результатов производства молока, но рост продуктивности при сокращающемся поголовье коров не может компенсировать увеличение производства молока и насыщение внутреннего рынка. Высокая молочная продуктивность коров – необходимый, но не решающий фактор конкурентоспособности производства молока, так как рентабельность не обеспечивается лишь количеством надоев на фуражную корову. При сокращении поголовья скота достичь роста валового производства можно только за счет продления срока хозяйственного использования коров, так как это способствует увеличению их пожизненной молочной продуктивности. Кроме того, длительное использование высокопродуктивных коров будет способствовать улучшению экономических показателей.

Результаты исследований

Эффективность ведения отрасли молочного скотоводства зависит не только от уровня удоев, но и сроков производственного хозяйственного использования коров. В исследованиях показано, что наибольшая накопленная прибыль за 10 лет в расчете на 1 скотоместо обеспечивается в группах коров длительного хозяйственного использования (5–6 лактаций) [2].

Важнейшим условием повышения конкурентоспособности и рентабельности молочного скотоводства является увеличение продолжительности продуктивного хозяйственного использования маточного поголовья, и особенно высокопродуктивных коров. Известно, что чем интенсивнее используется поголовье коров, тем меньше затрат приходится на единицу продукции, тем более рентабельным и доходным становится производство молока [3].

Крупный рогатый скот отличается довольно большим биологически возможным долголетием. Долголетие или срок продуктивного хозяйственного использования (ПХИ) коров является важным хозяйственно-полезным признаком, позволяющим вести расширенное воспроизводство стада, сокращать материальные затраты на выращивание, повысить уровень производства продукции (молоко + телята) и рентабельность молочного скотоводства.

Пожизненный удой представляет собой суммарные удои за все лактации в течение жизни животного. Генетический потенциал продуктивного долголетия коров достаточно высок и составляет 12–15 лет, или 10–12 лактаций и более.

Оптимальной по продолжительности продуктивного использования в России можно считать молочную корову, которая в течение 5–6 лактаций в среднем дает более 6 тыс. кг молока, сохраняя при этом нормальную плодовитость, то есть дает одного теленка в год, имеет хорошее здоровье и крепкую конституцию. По мнению Е. Я. Лебедько, минимальный предел длительности использования животных должен составлять 3–4 лактации, средний удой – 7–8 тыс. кг. Пожизненный удой у таких животных составит не менее 30 т. Ускоренный оборот стада за короткий срок экономически обоснован лишь в том случае, если из стада выбывают низкопродуктивные животные, а высокопродуктивные используются 5–6 и более лактаций [4].

Интенсификация молочного скотоводства и перевод на промышленную технологию, более жесткие требования к животным привели к значительному сокращению срока эксплуатации коров. В результате в России и зарубежных странах с развитым молочным скотоводством продолжительность продуктивной эксплуатации составляет 3,3–3,7 лактации, а выбраковка коров – около 25–30 %. Соответственно, большая часть животных не доживает до возраста 4–6 лактаций, в котором могли бы проявить максимальную продуктивность, окупить затраты на выращивание телок, нетелей и содержание высокопродуктивных животных. Если средняя продолжительность использования маточного поголовья составит менее 2,5 лактаций, то матери начнут выбывать из стада раньше, чем дадут приплод их дочери. При таком положении стадо перестанет существовать как целостная биологическая система, и произойдет ее распад [5, 6].

Установлено, что в Российской Федерации окупаемость затрат на молочное стадо при ремонте отечественными первотелками наступает после 3 лактаций, а при ремонте импортными первотелками – лишь после 4 лактаций, и животные разных пород, а в пределах одной породы – разных линий и семейств характеризуются неодинаковой продолжительностью хозяйственного использования. Поэтому выбраковка коров после 4–5 лактаций считается допустимой только в тех хозяйствах, где удой первотелок превышает средний удой коров основного стада. Высокоценных племенных коров необходимо использовать в хозяйстве как можно дольше, несмотря на снижение продуктивных показателей, – до тех пор, пока они дают потомство хорошего качества. Это создает необходимую основу для выбора наиболее ценных животных и дальнейшего целенаправленного их подбора [5].

За многие годы исследований учеными установлено, что продолжительность использования животных зависит от многих факторов: генетических (порода, родители и предки, индивидуальная наследственность); внешней среды или технологических (уход и условия содержания, уровень кормления и качество кормов, гигиена и система доения); физиологических (здоровье, устойчивость к заболеваниям, возраст и живая масса при первом оплодотворении и отеле, уровень молочной продуктивности за первую лактацию, возраст проявления наивысшей продуктивности и др.).

Для разработки обоснованных мероприятий по увеличению продуктивного долголетия коров важно знать степень влияния различных факторов на здоровье, молочную продуктивность, воспроизводительную способность, адаптацию к современным технологиям.

Оптимальный возраст первого осеменения телок и, соответственно, отела коров зависит от индивидуальных особенностей, телок скороспелых пород рекомендуется осеменять в возрасте 16–19 мес., среднескороспелых – 19–20 мес., медленно созревающих – 22–24 мес.

С возрастом у коров меняется соотношение дойных и недойных дней, и чем продолжительнее срок использования, тем большее число дойных дней приходится в среднем на каждый год жизни коровы. У коров, закончивших первую лактацию, число дойных дней к числу дней жизни составляет лишь 21,9 %, у 7-летних – 50,9 %, а у 12-летних – 61,1 %.

Так, по данным М. Т. Мороз выявлено, что увеличение обменной энергии на 1 МДж продлевает продолжительность хозяйственного использования в среднем на 135 дней, а увеличение включенных в рацион концентратов в структуре рациона на каждый 1 % свыше 40 % уменьшает продолжительность жизни в среднем на 3 дня [6].

Исследованиями, проведенными в Германии, при сравнении 2 способов содержания установлено, что коровы, содержащиеся на привязи, в сравнении с животными, содержащимися беспривязно на щелевых полах, используются на 1,6 месяца дольше и имеют большую (на 1200 кг) пожизненную продуктивность (таблица 1).

Таблица 1. – Средние показатели пожизненной продуктивности и продуктивного долголетия по формам содержания

Тип содержания	Пожизненная продуктивность, кг МКБЖ	Годовая продуктивность, кг МКБЖ	Продолжительность использования, мес.	Срок жизни, мес.	кг МКБЖ на день использования	кг МКБЖ на день жизни
Привязный	18417	6948	32,0	59,4	19,0	9,0
Беспривязный (щелевые полы)	17203	6841	30,4	59,6	18,7	8,5
Беспривязный (сплошные полы)	19026	6904	33,3	62,7	18,9	9,0
В целом	18216	6897	31,9	60,6	18,9	8,8

При беспривязном способе содержания применение новых объемно-планировочных решений и строительных материалов позволяет создать облегченные коровники, полностью обеспечивающие эти условия за счет естественной вентиляции и теплоты животных. Исследования показали, что в теплых помещениях годовая продуктивность коров была пусть незначительно, но выше, чем в холодных (таблица 2).

Таблица 2. – Средние показатели пожизненной продуктивности и продуктивного долголетия в теплых и холодных коровниках (n = 215381 и 118941 голов)

Климат	Пожизненная продуктивность, кг МКБЖ	Годовая продуктивность, кг МКБЖ	Продолжительность использования, мес.	Срок жизни, мес.	кг МКБЖ в день использования	кг МКБЖ в день жизни
Теплый коровник	18706	6933	32,5	61,5	19,0	8,9
Холодный коровник	17726	6862	31,3	59,6	18,8	8,7
В целом	18216	6898	31,9	60,6	18,9	8,8

Из-за более продолжительного использования (на 1,2 месяца) выше была и пожизненная продуктивность коров, содержащихся в теплых коровниках, примерно на 1000 кг молока базисной жирности (МКБЖ).

Продуктивность как за день использования, так и за день жизни при содержании в теплых коровниках оказалась выше, чем в холодных помещениях, на 0,2 л.

При распределении коров по классам продуктивного долголетия имелись различия до 60-месячного возраста в пользу животных в теплых коровниках [7].

Технология доения коров роботами повышает молочную продуктивность и качество молока, увеличивает продуктивное долголетие коров. Внедрение автоматизированных и роботизированных систем управления технологическими процессами и контроля, базирующихся на использовании средств электроники, сенсорики, микропроцессорной техники, обеспечивает индивидуальный подход и благоприятное воздействие полной автоматизации доения и кормления на продуктивность, здоровье коров и способствует увеличению их хозяйственного использования с 3 лактаций до 5–6 и более [8].

Отдельные технологии доения и содержания коров (таблица 3) имеют свои преимущества и недостатки для увеличения срока продуктивного использования коров [9].

Таблица 3. – Экономический эффект от увеличения срока продуктивного использования коров

Показатели	Технология доения и содержания		
	доение в молокопровод	сочетание привязи и беспривязи	доильный зал
Срок продуктивного использования, лет	3,0	4,0	2,7
Убыток от реализации выбракованной коровы на мясо, тыс. руб.	10980	8235	12200
Прибыль за счет продажи племенного молодняка в год, тыс. руб.	3465	7796	1540
Дополнительная прибыль за счет увеличения пожизненного надоя на хозяйство 400 коров, тыс. руб.	–	2430	–1080

Слагаемыми высокой доходности молочного скотоводства являются высокая молочная продуктивность животных, низкие затраты кормов и быстрая окупаемость выращивания коров. Очевидным приемом при решении этих задач становится увеличение пожизненного удоя, который достигается при использовании коров с максимальным долголетием.

Преждевременное выбытие коров сдерживает процесс воспроизводства стада, приводит к значительному увеличению материальных затрат на формирование дойного стада и производство молока [10].

Для высокопродуктивных животных характерен интенсивный обмен веществ, снижение адаптации и повышение стресс-чувствительности к изменяющимся технологическим условиям. На любые отклонения в технологии такие животные реагируют нарушением обмена веществ, ухудшением здоровья и снижением эффективности воспроизводства и продуктивного долголетия [11].

Важным признаком, во многом определяющим экономику отрасли, является продуктивное долголетие коров. В ЗАО «Оскольское молоко» средний возраст коров в 2013 году составил 2,2 отела, а выбытия – 2,9 отела [12]. Количество первотелок, переведенных в основное стадо, составило 36,7 %. Рентабельность производства молока повышается по мере роста молочной продуктивности коров в связи с их возрастом (таблица 4).

Таблица 4. – Экономическая эффективность производства молока в среднем на корову

Показатели	Лактация		
	1	2	3
Удой молока на корову за 305 дней лактации, кг	7733	8517	9605
Реализационная цена 1 ц молока, руб.	1870	1870	1870
Выручка от реализации молока, тыс. руб.	144,6	159,3	179,6
Себестоимость 1 ц молока, руб.	1377,2	1314,8	1244,0
Затраты на производство молока, тыс. руб.	106,5	111,9	119,5
Рентабельность производства молока, %	35,7	42,3	50,3
Прибыль от реализации молока, тыс. руб.	38,1	47,4	60,1

Выводы

Любая современная технология производства молока должна соответствовать физиологии животных. Только здоровая корова может быть высокопродуктивной и с длительным сроком использования.

Своевременная профилактика заболеваний, создание комфортных условий содержания, полноценное сбалансированное кормление, соблюдение правил доения смогут продлить срок продуктивного использования животных.

Продление срока продуктивного использования коров обеспечивает повышение эффективного производства молока, снижение затрат на содержание одной головы, повышение прибыли и рентабельности отрасли.

Литература

1. Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации ФСГС (Росстат). – М., 2014. – 7 с.
2. Черепанов, Г. Г. Анализ эффективности производства молока с учетом возрастной динамики молочной продуктивности и параметров обновления стада (эскизная модель) / Г. Г. Черепанов, Н. А. Богданова, З. Н. Макара // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 4. – С. 100–113.
3. Сарайкин, В. А. Молочное скотоводство: проблемы роста и развития / В. А. Сарайкин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 11. – С. 26–29.
4. Лебедько, Е. Я. Факторы повышения долголетнего продуктивного использования молочных коров: учеб. пособие / Е. Я. Лебедько. – Брянск: Брянская ГСХА, 2003. – 140 с.
5. Сельцов, В. И. Продуктивное долголетие – комплексный показатель селекции крупного рогатого скота / В. И. Сельцов, Н. М. Молчанова, Г. Ф. Калиевская, М. Х. Тохов // Продуктивное долголетие крупного рогатого скота молочных пород: аналитический обзор. – Дубровицы: ГНУ ВИЖ Россельхозакадемии, 2012. – С. 6–17.
6. Мороз, М. Т. Оптимизация кормления – основной фактор повышения продуктивности и продолжительности жизни животных / М. Т. Мороз // Зоотехния. – 2008. – № 10. – С. 25–26.
7. Анакер, Г. Сколь важен комфорт / Г. Анакер // Новое сельское хозяйство. – 2008. – № 5. – С. 122–126.
8. Скоркин, В. К. Резервы повышения производительности труда за счет автоматизации подготовительно-заключительных операций при доении коров / В. К. Скоркин, Д. К. Ларкин, В. П. Аксенова, О. Л. Андрюхина // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – № 3 (19). – С. 62–68.
9. Суровцев, В. Н. Экономические аспекты продуктивного долголетия коров / В. Н. Суровцев, Ю. И. Никулина // Сельскохозяйственные вести. – 2014. – № 3. – С. 12–15.
10. Скоркин, В. К. Интенсификация производства продукции молочного скотоводства / В. К. Скоркин, Ю. А. Иванов. – Подольск: Сарма, 2011. – 440 с.
11. Скоркин, В. К. Технологическая модернизация молочного скотоводства – состояние, направления развития / В. К. Скоркин // Сб. науч. тр. ВНИИМЖ. – 2010. – Т. 21, ч. 2. – С. 9–22.
12. Заднепрятский, И. П. Сравнительная оценка хозяйственно полезных признаков голштинского скота немецкой и голландской селекции в условиях интенсивных технологий / И. П. Заднепрятский, Ю. В. Щегликов // Молочное и мясное скотоводство. – 2015. – № 6. – С. 10–13.

Е. А. Сураева, н. сотр., А. В. Горячева, м. н. с.

*ФГБНУ «Росинформагротех» Московский филиал НПЦ «Гипронисельхоз»,
п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: suraeva.lenochka@mail.ru; agoryacheva@giproniselkhoz.ru*

СОСТОЯНИЕ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Отражено состояние молочного скотоводства России, обозначены проблемы отрасли. Рассмотрены биологические, технические, технологические и организационно-экономические факторы, способствующие устойчивому функционированию и динамичному развитию производства в молочном скотоводстве России.

Ключевые слова: молочное скотоводство, состояние отрасли, ресурсосберегающие технологии, эффективность производства.

E. A. Suraeva, A. V. Goryacheva

*SPC «Giproniselkhoz», Moscow branch of FGBNU «Rosinformagrotekh»,
Pravdinsky settlement, Moscow region, Russian Federation
e-mail: suraeva.lenochka@mail.ru; agoryacheva@giproniselkhoz.ru*

STATE OF DAIRY CATTLE BREEDING IN RUSSIA: PROBLEMS AND WAYS OF THEIR SOLVING

The state of dairy cattle breeding in Russia is discussed. The problems of the sector are identified. Biological, technical, technological, organizational and economic factors that contribute to the sustainable functioning and dynamic development of dairy cattle breeding production in Russia are considered.

Keywords: dairy cattle breeding, state of sector, resource-saving technologies, production efficiency.

Молочное скотоводство в России является ведущей и наиболее сложной подотраслью животноводства, в которой работает более 21 тыс. предприятий, включая более 20 тыс. производителей сырого молока без учета 2 млн ЛПХ. В отрасли работает более 1,5 млн человек – около 2 % от всех занятых в России.

В настоящее время в отрасли действует государственная подпрограмма «Развитие молочного скотоводства», входящая в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, целью которой является увеличение производства молока в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая индивидуальных предпринимателей, до 17,78 млн *т*.

Отечественное молочное скотоводство находится в непрестом положении. Сложившиеся экономические и внешнеполитические условия приводят к развитию негативных тенденций для отрасли. Девальвация национальной валюты привела к удорожанию кредитных ресурсов, заморозке инвестиционных проектов, повышению себестоимости и снижению доходности у производителей и переработчиков молока. Участники молочной отрасли, начав в 2014 г. процесс восстановления эффективности производства после многолетней стагнации, оказались не готовы к подобному развитию экономической ситуации, в результате чего были вынуждены сокращать затраты, что, естественно, отразилось на производственных показателях в целом [1].

В 2016 г. производство молока в хозяйствах всех категорий сократилось на 72,7 тыс. *т* по сравнению с уровнем 2015 г. При этом производство молока в сельскохозяйственных организациях увеличилось на 2,2 % (322,6 тыс. *т*) относительно уровня 2015 г., в крестьянских (фермерских) хозяйствах (включая индивидуальных предпринимателей) – на 6,1 % (124,2 тыс. *т*), а производство молока в хозяйствах населения сократилось на 3,7 % (519,5 тыс. *т*) (таблица 1) [1, 2].

Таблица 1. – Производство молока по категориям хозяйств, тыс. т

Категории хозяйств	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г. к 2015 г., %
Хозяйства всех категорий	30 528,8	30 790,9	30 796,9	30 724,2	99,8
Сельскохозяйственные организации	14 046,4	14 364,9	14 717,9	15 040,5	102,2
Хозяйства населения	14 678,4	14 507,7	14 044,2	13 524,7	96,3
Крестьянские (фермерские) хозяйства, включая индивидуальных предпринимателей	1804	1918,3	2034,8	2159	106,1

За период реализации Государственной программы ежегодное производство молока в хозяйствах всех категорий остается на уровне 30,72 млн т (рисунок 1) [3].

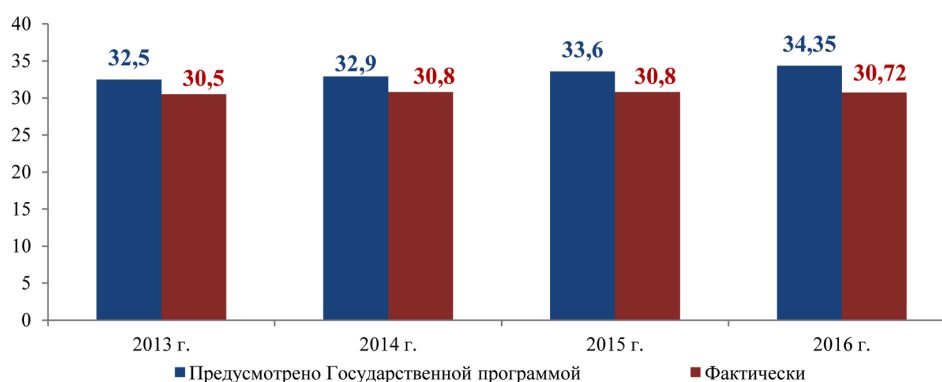


Рисунок 1. – Производство молока в хозяйствах всех категорий, млн т

Поголовье крупного рогатого скота в 2016 г. в хозяйствах всех категорий продолжает сокращаться. Так, по сравнению с уровнем 2015 г. поголовье скота в хозяйствах всех категорий сократилось на 1,6 %, поголовье коров – на 1,9 %. При этом наибольшее сокращение поголовья крупного рогатого скота произошло в хозяйствах населения – на 3,4 %. А в крестьянских (фермерских) хозяйствах оно увеличилось на 3,4 %, поголовье коров – на 2,5 % (таблица 2).

Таблица 2. – Поголовье крупного рогатого скота по категориям хозяйств, тыс. голов

Сельскохозяйственные животные	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г. к 2015 г., %
<i>Хозяйства всех категорий</i>					
Крупный рогатый скот	19 564	19 264,3	18 992	18 686,9	98,4
В том числе коровы	8661	8531,1	8408,1	8250,1	98,1
<i>Сельскохозяйственные организации</i>					
Крупный рогатый скот	8800,5	8523,2	8447,8	8348,9	98,8
В том числе коровы	3532,5	3439,6	3387,4	3355,4	99,1
<i>Хозяйства населения</i>					
Крупный рогатый скот	8715	8596	8301	8018,5	96,6
В том числе коровы	4088,5	4005,4	3881,8	3727,7	96
<i>Крестьянские (фермерские) хозяйства, включая индивидуальных предпринимателей</i>					
Крупный рогатый скот	2048,5	2145,1	2243,2	2319,5	103,4
В том числе коровы	1040	1086,1	1138,9	1166,9	102,5

Основными проблемами, влияющими на снижение поголовья коров и производства молока, являются неполное использование генетического потенциала молочного стада, создание непрочной кормовой базы, несбалансированность кормовых рационов и неиспользование инновационных технологий содержания животных.

Опыт показывает, что решению этих проблем способствуют основные факторы развития ресурсосберегающих технологий, которые тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга [4, 5]:

– биологические (породы и линии скота, генетический потенциал животных, управление воспроизводством стада);

- технические (инфраструктура, высокопроизводительное оборудование, комплексная автоматизация);
- технологические (способы содержания скота, кормовая база и сбалансированность кормовых рационов, регулярность и способы доения);
- организационно-экономические (инвестиции, лизинг, собственные источники финансирования).

В целом ресурсосберегающие технологии проявляются в приросте общей производительности путем применения определенного уровня знаний, новых технологий и модернизации производства.

Специфика отраслей молочного скотоводства определяет особенности интенсификации, которые проявляются в том, что продуктивность и эффективность отраслей зависит от степени использования потенциала животных и их биологических возможностей. Необходимо создать условия для максимальной реализации данных факторов. Простой количественный рост поголовья коров без улучшения качества и структуры стада, применения новых технологических и технических систем, использования высокоэффективных машин и оборудования, кормовых средств достаточного объема и качества приводит к значительному увеличению потребности в трудовых и материальных ресурсах, что при низком уровне производительности труда обуславливает в конечном счете значительный рост фондоемкости, материалоемкости и себестоимости продукции [6, 7].

Таким образом, важнейшими факторами и условиями повышения производительности труда и эффективности отрасли молочного скотоводства является переход к новым, более прогрессивным и ресурсосберегающим технологиям.

Максимум продуктивности животных может быть достигнут только в условиях совершенствования технических и технологических факторов, это, в свою очередь, требует усовершенствования биологического (приспособленность животных к технологии производства) и экономического (управление инвестициями с целью расширения производства) факторов.

Современная технология содержания животных имеет основное значение среди всех факторов в определении уровня эффективного развития молочного скотоводства. Способ содержания оказывает существенное влияние на продуктивность животных. При беспривязном содержании, благодаря использованию принципа самообслуживания и применению более производительных машин и технологий, снижаются затраты труда и стоимость инженерного устройства помещений.

Также необходимо формировать стадо из высокопродуктивных молочных пород коров, более адаптированных к беспривязному способу содержания, применять новейшие методы селекционно-племенной работы.

Техническое переоснащение молочных ферм должно быть направлено на повышение эффективности производства. При модернизации молочных ферм следует учитывать технические, технологические, биологические и экономические аспекты.

Увеличение производства продукции животноводства и повышение его эффективности невозможно без прочной кормовой базы. Кормовая база должна позволять полностью обеспечивать полноценными рационами кормления все поголовье скота и каждую отдельную половозрастную группу животных на всех этапах содержания и развития.

Современное развитие науки и техники в области молочного скотоводства направлено в первую очередь на получение максимального экономического эффекта и экономию ресурсов. Финансирование отрасли возможно за счет инвестиций и лизинга, а также эффективного использования собственных средств, направленных на развитие и результативное функционирование отрасли. Таким образом, оперативная и полная реализация рассмотренных факторов ресурсосберегающих технологий позволит нарастить масштабы молочного скотоводства, а также его экономическую эффективность.

Литература

1. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2015 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы». – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 344 с.

2. Аналитическая информация. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcx.ru/index.html?heid721>. – Дата доступа: 10.06.2017.
3. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>. – Дата доступа: 10.06.2017.
4. Конкина, В. С. Анализ современного состояния молочного скотоводства в Рязанской области: проблемы и пути решения / В. С. Конкина // Известия Оренбургского ГАУ. – 2013. – № 4 (42). – С. 174–177.
5. Войтюк, М. М. Опыт использования современных информационных технологий в развитии молочно-продуктового комплекса региона / М. М. Войтюк, Е. А. Сураева. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 112 с.
6. Маринченко, Т. Е. Россия: состояние и тенденции развития молочной отрасли / Т. Е. Маринченко, Е. А. Сураева // Аграрный сектор. – 2016. – № 3 (29). – С. 84–88.
7. Маринченко, Т. Е. Состояние и тенденции развития молочной отрасли / Т. Е. Маринченко, Е. А. Сураева // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 3 (23). – С. 79–86.

УДК 631.017.3:621.181

Поступил в редакцию 22.08.2017
Received 22.08.2017

А. М. Шувалов, д. т. н., проф., **А. Н. Машков**, к. т. н.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, Российская Федерация
e-mail: vniiti@mail.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В КРЕСТЬЯНСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Приведены результаты работы аппаратов многофункциональной блочно-модульной энерготехнологической установки в режиме термостатирования.

Ключевые слова: электропарогенератор, термическая обработка, паровая рубашка, саморегулирование, кисломолочные продукты.

A. M. Shuvalov, A. N. Mashkov

*All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation
e-mail: vniiti@mail.ru*

USE OF APPARATUSES OF A MULTIFUNCTIONAL BLOCK-MODULAR ENERGY-TECHNOLOGICAL INSTALLATION FOR PREPARATION OF FERMENTED MILK PRODUCTS IN PEASANT FARMS

The results of the operation of the multi-function block-modular energy-technological plant in the thermostating mode are presented.

Keywords: electric steam generator, heat treatment, steam jacket, self-regulation, fermented milk products.

В многоукладном крестьянском, фермерском хозяйстве, в столовых сельхозпредприятий выполняют различные технологические операции по термической обработке мясомолочной, овощной, фруктовой продукции, а также приготовление пищи, кормов и др. Для этого необходимы энергия и соответствующие энергоисточники, оборудованные средствами автоматизации, включающими пусковую аппаратуру. К тому же средства автоматизации дорогостоящи, имеют сложное устройство и требуют для технического обслуживания и текущего ремонта высококвалифицированного персонала, следовательно, применение для каждого технологического процесса отдельной серийно выпускаемой энергоустановки связано с существенными капитальными затратами, приводит к большим потерям энергии и неэффективности производства.

Наиболее эффективный способ теплоэнергообеспечения крестьянского хозяйства – использование многоцелевого и многоаппаратного агрегата с одним саморегулируемым источником тепловой энергии (электропарогенератором).

Для термической обработки сельхозпродукции (запаривание концентрированных кормов, варка корнеплодов, приготовление пищи, колбасных изделий, стерилизация овощей и фруктов), получения горячей воды, технологического пара в фермерском хозяйстве или крестьянском доме ФГБНУ ВНИИТиН разработал компактный, малогабаритный, многоаппаратный агрегат многоцелевого назначения с саморегулируемой системой энергоподвода к каждому его аппарату [1, 2].

Основные достоинства многоцелевого агрегата [3, 4]:

- не имеет аналогов по числу выполняемых технологических процессов, что позволяет в 1,8 раза сократить материальные и эксплуатационные затраты;

- применен новый способ регулирования тепловых потоков системы энергообеспечения аппаратов многоцелевого агрегата; при этом в каждом аппарате за счет специально протекающих тепло- и массообменных процессов потребляемый тепловой поток изменяется пропорционально тепловому напору, а парогенератор саморегулирует в реальном времени интегрированную тепловую нагрузку группы параллельно работающих аппаратов. Это позволяет отказаться от сложных и дорогостоящих шкафов управления с пусковой и терморегулирующей аппаратурой, повысить надежность;

- компактность, малые габариты, не требуется высококвалифицированный персонал для ремонта и технического обслуживания.

Однако в крестьянских хозяйствах кроме запаривания концентрированных кормов, варки корнеплодов, приготовления пищи, стерилизации овощей, фруктов возникает необходимость готовить кисломолочные и другие продукты при достаточно низких температурах приготовления: творога – 30...32 °С, сметаны – 25...27 °С, простокваши – 38...45 °С, теста – 25...35 °С (таблица 1).

Таблица 1. – Температурные режимы технологических процессов

Наименование технологического процесса	Температурный режим, °С
Приготовление простокваши, творога	36–38
Приготовление ряженки: сквашивание	40–42
Приготовление варенца: сквашивание	36–38
Приготовление сметаны: заквашивание	25–27
Приготовление дрожжевого теста	25–35
Получение хлебного кваса	22–25
Горячее водоснабжение для поения животных, мытья посуды, санитарно-гигиенических целей	45–70

Особенностью аппаратов энерготехнологической установки является то, что они имеют паровые рубашки. И если отключить электропарогенератор, когда в аппаратах находятся разогретые до заданной температуры продукты, то в паровых рубашках будет находиться воздух, кото-

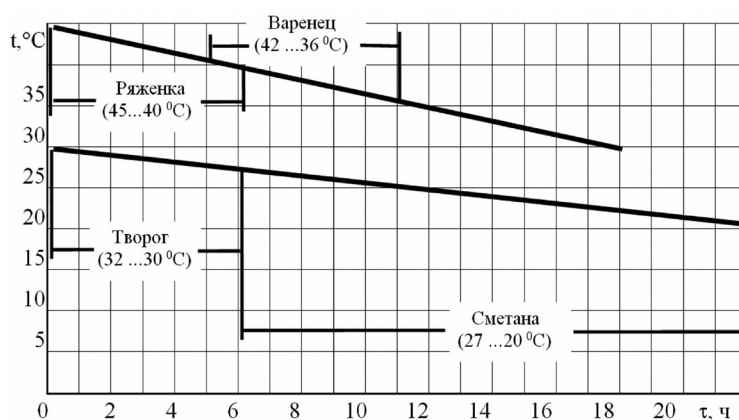


Рисунок 1. – Характер изменения температуры среды в аппаратах многофункциональной блочно-модульной энерготехнологической установки в режиме термостатирования

рый является дополнительным термоизолятором. Так как температура приготовления продукта в данном случае низкая, то температурный напор между температурой помещения и продукта минимальный. Следовательно, потери теплоты будут минимальными, а остывание продукта – длительным (рисунок 1).

Экспериментальные исследования показали, что скорость снижения температуры в аппаратах энерготехнологической установки составляет в диапазоне 45...38 °С – 1 °С/ч, от 38...30 °С – 0,7 °С/ч, от 30...20 °С – 0,45 °С/ч.

Таким образом, в аппаратах многофункциональной энерготехнологической установки можно готовить кисломолочные продукты различного ассортимента.

Литература

1. Шувалов, А. М. Многофункциональная энерготехнологическая установка для крестьянского хозяйства / А. М. Шувалов, А. Н. Зазуля, А. Н. Машков, К. А. Набатов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 4. – С. 10–11.
2. Пищеварочная линия: пат. № 2454911 РФ, МПК А47J27/17 / А. М. Шувалов, А. Н. Зазуля, К. А. Набатов, А. Н. Машков; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2011107747/12, заяв. 28.02.2011; опубл. 10.07.2012. // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2012. – № 19.
3. Шувалов, А. М. Многоцелевой термоагрегат / А. М. Шувалов, А. Н. Машков, К. А. Набатов, Д. С. Чернов // Сельский механизатор. – 2014. – № 3(16). – С. 10–11.
4. Шувалов, А. М. Обоснование параметров саморегулируемой системы энергоподвода к варочным аппаратам / А. М. Шувалов, К. А. Набатов, А. Н. Машков, Д. С. Чернов // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 3 (16). – С. 72–74.

УДК 631.223.2.018

Поступил в редакцию 23.08.2017
Received 23.08.2017

Т. Н. Кузьмина, ст. н. сотр.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»), п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: kuzmina@rosinformagrotech.ru*

ОЦЕНКА ПРЕИМУЩЕСТВ РОБОТОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА

Проанализированы преимущества и недостатки существующих способов уборки навоза в коровниках. Приведены результаты исследований учеными Технического университета (г. Мюнхен, Германия) роботов и дана оценка их преимуществ.

Ключевые слова: коровник, стойло, навозный проход, механический способ, мобильный агрегат, робот.

T. N. Kuzmina

*Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex»
(Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: kuzmina@rosinformagrotech.ru*

ASSESSMENT OF THE ADVANTAGES OF ROBOTS FOR MANURE REMOVAL

The advantages and disadvantages of the existing methods of manure cleaning in cowsheds are analyzed. The results of studies carried out by scientists of the Technical University (Munich, Germany) on the evaluation advantages of robots are presented.

Keywords: cowshed, stall, manure, mechanical method, mobile unit, robot.

Удаление навоза из стойл (станков) является наиболее трудоемкой операцией на животноводческих фермах, которая оказывает влияние на обеспечение требуемого микроклимата, санитарное состояние ферм, сохранение здоровья животных и обслуживающего персонала [1]. Способы

уборки навоза оказывают влияние на объем получаемой на ферме навозной массы, ее физико-механические характеристики и эффективность использования в растениеводстве как органического удобрения, обеспечение охраны окружающей среды от загрязнений, суммарные затраты, связанные с его обработкой, хранением, транспортированием и внесением в почву [2].

Экологизация сельскохозяйственного производства, которая в последнее время стала приоритетным направлением его развития, требует снижения или исключения вредного воздействия на окружающую среду. Оценивая с этих позиций существующие способы уборки навоза из животноводческих помещений, следует признать, что механический способ удаления навоза, помимо обеспечения высокого качества уборки, не приводит к увеличению объема получаемой на ферме навозной массы и, следовательно, способствует снижению вредного воздействия на окружающую среду [2].

Механический способ уборки навоза реализуется с помощью мобильных и стационарных устройств.

В России доля навоза, убираемого из помещений мобильными агрегатами, в его общем объеме не превышает 2,5–3,0 %. Этот навоз не содержит ограничений по количеству и длине отдельных включений подстилки и позволяет обеспечить получение высококачественного подстилочного навоза. За рубежом данная технология применяется достаточно широко, в том числе и при содержании животных на глубокой подстилке [3].

Стационарные технические средства (скребок-транспортеры, скреперные установки, шнеки) обеспечивают качественную уборку как бесподстилочного, так и навоза с подстилкой в виде опилок, торфа, измельченной соломы и применяются на всех типах ферм. При этом количество вносимой подстилки должно обеспечивать влажность навоза в пределах 85–92 % и составлять 2–3 кг/сут. на одну условную голову. Процесс уборки навоза стационарными техническими средствами отличается высокими затратами труда на внесение подстилки и уборку навоза из стойл – до 29 чел.-ч/гол. в год.

Конструкция существующих механических стационарных средств уборки навоза (скребок-вые и штанговые транспортеры, скреперные установки) обеспечивает удаление накопившегося в подпольном пространстве навоза, но не решает проблемы очистки навозных проходов в коровнике. Удаление навоза из навозных проходов коровника относится к тем видам работ, которыми часто пренебрегают из-за отсутствия у персонала достаточного рабочего времени.

Решение данной проблемы предлагается за счет применения роботов для очистки навозных проходов. В настоящее время за рубежом ряд производителей выпускает роботов для уборки навоза (таблица 1) [4].

Таблица 1. – Модели роботов для уборки навоза, наименование производителей и их интернет-адреса

Марка робота	Наименование производителя	Интернет-адрес
SRone	GEAGroup	www.gea.com/global/de
RS-420/450	DeLaval AG	www.delaval.ch
Tech-200	Joz-Tech	www.joz.nl
Discovery	Lely	www.lely.com
PriBot	PrinzingMaschinenbau	www.prinzing.eu

Эти машины имеют компактную конструкцию и оснащены электроприводом с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, программируемой системой управления и рабочим органом, в качестве которого чаще всего используется фронтальный поперечный скрепер (таблица 2).

Информации о достоверной эффективности применения данных роботов нет, поэтому представляют интерес результаты исследований, проведенных учеными Технического университета (г. Мюнхен, Германия) для оценки их преимуществ.

Для эффективной работы робота требуется проведение дополнительных операций, а именно: операции программирования и перепрограммирования новых маршрутов его движения, очистки его оборудования и технического ухода за ним, а также устранения неисправностей. Процесс еженедельной очистки оборудования робота занимает 2–5 минут (или 1,73–4,33 чел.-ч на одного

Таблица 2. – Технические характеристики роботов для удаления навоза из навозных проходов [2, 4, 5, 6, 7]

Параметры	RS 420	SRone	LelyDiscovery
Производительность, м ² /ч (ширина скрепера, мм):			
– данные производителя	396 (1200) 528 (1600)	–	536 (860)
– результат испытаний	375 (1200) 520 (1600)	–	690 (860)
– отклонения	+5,57%, +1,48%	–	–22,21%
Система ориентации в животноводческом помещении	Транспондер/ напольный сенсор	Сенсор (датчик) карт, вдоль направляющей шины	Горизонтальное направляющее колесо, кодирующее устройство, гироскоп, ультразвук
Максимальная продолжительность работы (движения)/время зарядки	18 ч/6 ч	18ч/6ч	4 ч (без промежуточной зарядки)/6 ч
Скорость, м/мин:			
– холостого хода	4,0	3,0–5,0	10,8
– при уборке	5,5	max 5,0	нет данных
Ширина скрепера, мм	1000–1900	1400/1700/2000	860
Габаритные размеры, мм	1430×703×640	1050×850×560	1285×860×575
Масса, кг	460	500	303

робота в год). Общие работы по техническому уходу (за роботом) производятся через каждые один-два месяца, на что отводится 20 минут (или 2,0–4,0 чел.-ч на одного робота в год). На программирование и перепрограммирование новых маршрутов (участков) в зависимости от опыта работника и размеров животноводческого помещения затрачивается от одного до нескольких часов. При оптимальном программировании редко возникают сбои и неисправности, которые бы требовали вмешательства самого фермера [4].

Установлено, что 4–7 % от годовых затрат труда приходятся на уход за боксами, внесение подстилки и удаление навоза при ручном или механизированном способе выполнения. Использование робота для удаления навоза сокращает временные затраты, которые требуются для очистки навозных проходов вручную или с помощью устройства, управляемого оператором. При этом продолжительность работы робота будет зависеть от длины прохода, количества криволинейных участков, ширины скрепера.

Как правило, робот чаще (от трех до десяти раз) очищает проходы, чем оператор. Ученые Технического университета (г. Мюнхен, Германия) на основе своих исследований пришли к выводу, что, наряду с экономией рабочего времени операторов на очистку навозных проходов, ее регулярность положительно сказывается на здоровье копыт животных, поскольку таким образом эти зоны в большей степени поддерживаются в сухом и чистом состоянии. Надлежащее состояние навозных проходов способствует чистоте боксов для отдыха коров, что, в свою очередь, позволяет экономить рабочее время, затрачиваемое в других отделениях коровника, например в отделении дойки, поскольку затраты времени на очистку вымени коров перед их дойкой сильно зависят от чистоты в боксах для отдыха. В итоге выявлено, что с улучшением гигиенического состояния навозных проходов снижается число заболеваний копыт животных, существенно влияющих на рентабельность производства.

Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на дополнительные затраты времени на подготовку роботов к работе (перепрограммирование, очистка и т. п.), их применение обеспечивает снижение затрат труда и создание гигиенических условий, которые сохраняют высокий статус здоровья животных.

Литература

1. Федоренко, В. Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: науч. аналит. обзор / В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 224 с.
2. Мишуров, Н. М. Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве: науч. аналит. обзор / Н. М. Мишуров, Н. Ф. Соловьева, Ю. А. Цой. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 136 с.
3. Гриднев, П. И. Развитие автоматизированных систем управления процессами уборки и подготовки навоза к использованию / П. И. Гриднев, Т. Т. Гриднева, Ю. Ю. Спотару // Вестник ВНИИМЖ. – М., 2014. – № 3. – С. 139–144.
4. Haupt-und Nebennutzen von Entmistungsrobotern // SchweizerLandtechnik. – 2016. – № 5. – С. 26–27.
5. Роботизированный скрепер для удаления навоза SRone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gea.com/ru/productgroups/farm-equipment/free-stall-alley-cleaner-systems/index.jsp?m=937>. – Дата доступа: 24.03.2017.
6. SRone. Strong – agile – tireless for perfect barn hygiene: проспект компании GEA Farm Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gea.com/ru/productgroups/farm-equipment/free-stall-alley-cleaner-systems/index.jsp?m=937>. – Дата доступа: 24.03.2017.
7. Скрепер-робот RS250 компании ДеЛаваль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.delaval.ru/-/Product-Information1/Manure/Products/Cleaning/Robot-alley-cleaning/DeLaval-robot-scraper-RS250/>. – Дата доступа: 04.04.2017.
8. Роботы для уборки навоза JOZ-Tech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://joz.nl/ru/slurry-robots>. – Дата доступа: 04.04.2017.

УДК 636.3:631.3

Поступил в редакцию 04.08.2017

Received 04.08.2017

Ю. А. Мирзоянц¹, д. т. н., проф., гл. н. сотр., **В. Е. Фириченков²**, к. т. н., проф.

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства»
(ФГБНУ ВНИИМЖ), г. Москва, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Костромская государственная сельскохозяйственная академия»
(ФГБОУ ВО Костромская ГСХА), г. Кострома, Российская Федерация
e-mail: mirzoyans42@mail.ru; viloriy2016@yandex.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МАШИНОЙ СТРИЖКИ ОВЕЦ

Продукция овцеводства постоянно востребована, в мире количество овец относительно стабильно. В России с 1991 года, с изменением общественно-экономической формации, произошли резкое падение поголовья и структурные изменения – более чем на порядок упало количество овец в сельскохозяйственных организациях, снизилось на личном подворье, появились фермерские хозяйства. В результате стало нерациональным применение высокопроизводительного стационарного оборудования, ориентированного на сосредоточение значительного поголовья на одном месте. Для стрижки овец, которая является одним из ответственных и трудоемких процессов в овцеводстве, предложено мобильное оборудование, доставляемое в места непосредственного нахождения овец совместно с обслуживающим персоналом, что отвечает требованиям ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: овцы в России, динамика распределения поголовья, способы содержания, стрижка, мобильное оборудование, ресурсосбережение.

J. A. Mirzoyanc¹, V. E. Firichenkov²

¹All-Russia Research and Development, Design and Technology Institute of Livestock Breeding Mechanization,
Moscow, Russian Federation

²Kostroma state agricultural academy, Kostroma, Russian Federation
e-mail: mirzoyans42@mail.ru; viloriy2016@yandex.ru

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS OF MECHANICAL SHEEP SHEARING

Sheep production is constantly in demand and the number of sheep in the world relatively stable. In Russia since 1991 year, with changing socio-economic formation occurred a sharp fall in livestock and structural change-the number of sheep fell by more than an order of magnitude in the agricultural organizations, decreased personal compound,

there were farms. As a result it became irrational use of high-performance stationary equipment, focusing-oriented large livestock in one place. For sheep shearing, which is one of the responsible and demanding processes in sheep, to mobile equipment delivered in place of direct finding sheep together with support staff that meets the requirements of resource-saving technologies.

Keywords: sheep in Russia, the dynamics of distribution of livestock, how to content, haircut, mobile equipment, resource-saving technologies.

Народнохозяйственное значение овцеводства. По разнообразию производимой продукции овцы возглавляют перечень сельскохозяйственных животных – от них получают шерсть, молоко, мясо, животный жир, меховые и шубные овчины, каракулевые смушки, сырье для парфюмерии и медицины. Важнейшая особенность овец – их хорошая приспособляемость к разнообразным условиям окружающей среды, они широко распространены в различных климатических зонах. Овцы подвижны и выносливы, способны к продолжительным переходам, поедают низко-рослую и изреженную растительность, неприхотливы к пище и воде – из 800 видов растений, произрастающих на пастбищах, овцы поедают более 400, тогда как крупный рогатый скот – 150, лошади – 90. При перебоях в кормлении и поении овцы многих пород могут тратить жир, отложенный в теле (на хвосте, в курдюке), что позволяет лучше переносить кратковременную бескормицу и жажду. По плодовитости овцы уступают только свиньям и кроликам, а от 100 овцематок романовской породы получают до 280 ягнят в год [1].

По последним данным FAO [2], численность овец в мире в 2014 году составила свыше 1,2 млрд голов.

Современное состояние овцеводства в России. В России с 1991 года, с переходом на рыночные отношения и частичным самоустранением государства от регулирования ряда жизненно важных социально-экономических условий, в том числе паритета цен на продукцию разных сфер хозяйственной деятельности, допущено ничем не оправданное резкое снижение поголовья овец с тенденцией к исчезновению отрасли как товарного производства. В 1991 году поголовье во всех категориях хозяйств составляло 55,24 млн голов, в 2000 году – 12,73 млн голов (23,05 %). Далее имеет место рост, чему способствовало принятие ряда мер, в том числе отраслевой целевой программы «Развитие овцеводства и козоводства в Российской Федерации на 2012–2014 гг. и на плановый период до 2020 года», и в 2016 году число овец достигло 22,74 млн голов (41,16 % от уровня 1991 года) [3].

Проведенный мониторинг наличия поголовья в различных категориях хозяйств (собственников) позволил выявить следующее состояние дел (таблица 1).

Таблица 1. – Поголовье овец в РФ и по хозяйствам, млн голов и %

Категории хозяйств	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016
Хозяйства всех категорий	55,24 100	25,34 100	12,73 100	16,41 100	19,76 100	22,06 100	22,24 100	22,57 100	22,71 100	22,74 100
Сельскохозяйственные организации	41,65 75,4	13,30 52,5	4,49 35,3	4,09 24,9	4,24 21,5	4,37 19,8	4,19 18,9	4,16 18,4	4,13 18,2	4,02 17,7
Фермерские хозяйства	0 0,0	1,00 4,0	0,78 6,2	4,31 26,3	5,91 29,9	8,10 36,7	8,30 37,3	8,51 37,7	8,64 38,1	9,87 43,4
Хозяйства населения	13,58 24,6	11,02 43,5	7,44 58,5	8,00 48,8	9,60 48,6	9,58 43,5	9,74 43,8	9,89 43,9	9,93 43,7	8,84 38,9

Анализ показывает, что за период с 1991 по 2016 годы в России произошли структурные изменения – численность овец более чем на порядок упала в сельскохозяйственных организациях, снизилось поголовье в хозяйствах населения, в то же время появились фермерские хозяйства, но их становление идет медленно. За 2012–2016 годы имеет место относительно сложившееся перераспределение количества овец по категориям хозяйств: сельскохозяйственные организации –

в 2016 году 17,7 % с тенденцией медленного снижения поголовья, фермерские – 43,4 % при небольшом росте числа овец, а в хозяйствах населения снижение до 38,9 %.

Исследуя вопрос ресурсосберегающих технологий, следует отметить, что существенное значение имеет система содержания овец. В регионах России используют четыре основных системы содержания: *пастбищную* – овцы свыше 80 % времени выпасаются и потребность в средствах механизации производственных процессов минимальна; *пастбищно-стойловую* – овцы 60...70 % времени находятся на пастбищах и потребность в средствах механизации на производство, подготовку и раздачу кормов и уборку навоза возрастает; *стойлово-пастбищную* – овцы выпасаются 30...40 % времени и пастбищные корма составляют 35...45 % от годовой потребности, затраты на кормопроизводство возрастают до 60...70 % от общих и потребность в средствах механизации выше; *стойловую* – овцы содержатся без выпаса и имеет место интенсивное использование сооружений, площадей и машин, а также максимален перечень зооветеринарных мероприятий из-за скученности поголовья [1, 4, 5]. При выполнении производственных процессов применяют мобильные и стационарные технические средства, при этом мобильные могут быть задействованы во всех четырех системах содержания [4, 5, 6].

Следует отметить, что значительное уменьшение количества овец в сельскохозяйственных предприятиях делает нерациональным применение для выполнения технологических процессов ранее разработанного высокопроизводительного стационарного оборудования, ориентированного на значительную концентрацию поголовья на одном месте.

Совокупность наличия овец по регионам России, сложившегося в период 1991–2016 годов перераспределения поголовья по категориям хозяйств, систем содержания и их влияния на выбор средств механизации производственных процессов (стационарные и мобильные) может служить основным посылом предприятиям сельхозмашиностроения, позволяющим определить перспективы производства мобильных технических средств всего производственного цикла для хозяйств с различной формой собственности и поголовьем, которые бы отвечали требованиям ресурсосберегающих технологий, а хозяйствующим субъектам – позволяющим выбрать соответствующее технологическое оборудование для обслуживания овец, когда затраты будут минимальны, а технические средства наиболее оптимальны [7].

Предпосылки совершенствованию технических средств для машинной стрижки овец. Из перечня получаемой в овцеводстве продукции одним из значимых видов является овечья шерсть. Качество и количество получаемой шерсти, а значит, и итоговый результат годового (или ряда месяцев) труда во многом зависит от того, как организуется процесс работы при машинной стрижке овец, какие применяются технология и технические средства.

Стрижка овец состоит из взаимно связанных и последовательно выполняемых операций, которые составляют технологические линии.

1. Основные:

1.1. Обработки неостриженных овец (отбивка ягнят от взрослых овец, загон овец в стригальный пункт, подготовка овец к стрижке: ловля, подтаскивание к рабочему месту стригальщика, фиксация конечностей).

1.2. Снятия с овец шерстного покрова (собственно стрижка, замена режущих пар, регулировка, смазывание механизмов, промывка режущих пар при работе).

1.3. Обработки остриженных овец (удаление овец с места стрижки, контроль качества стрижки и при наличии порезов кожного покрова – обработка, перемещение в загон остриженных овец).

1.4. Обработки рун (подача рун на взвешивание и учет, очистка от сора, классировка, раскладка шерсти по сортности, сушка – при необходимости).

1.5. Извлечения жира из шерсти (при необходимости).

1.2. Прессования и упаковки шерсти (загрузка прессы шерстью, прессование шерсти в кипы, обвязка кип, маркировка, взвешивание и погрузка на транспортное средство; при отсутствии прессования – затаривание в мешки).

2. Вспомогательные:

2.1. Заточки режущих пар, текущего ремонта и регулировки стригальных машинок.

2.2. Определения таксата (взятие образцов шерсти, их промывание, определение выхода мытой шерсти).

2.3. Подачи овец на ветеринарную обработку (при необходимости).

Для механизации стрижки овец на территории Российской Федерации и стран СНГ широко применяются электрифицированные индивидуальные и групповые стригальные агрегаты завода «Актюбинсксельмаш» с питанием электродвигателей машинок от сети или источника трехфазного тока непосредственно или через преобразователь. Распространение получили агрегаты ЭСА-1Д, ЭСА-1ДИ, ЭСА-1/200, АСИ-101, АСУ-1, ЭСА-6/200, ЭСА-12Г, КТО-24. Электростригальные агрегаты – модульные, что позволяет организовать стрижку практически любого поголовья овец, но в целом они ориентированы на комплектацию стационарных стригальных пунктов большой производительности [5, 6].

Имеющее место перераспределение поголовья овец в Российской Федерации служит основанием при совершенствовании (разработке) машинных ресурсосберегающих технологий в овцеводстве на период до 2030 года, наряду со стационарным, автономного мобильного и многофункционального оборудования, в том числе малой производительности и металло- и энергоемкости, для фермерских и индивидуальных хозяйств населения на личном подворье. При этом стрижка, как один из наиболее ответственных технологических процессов овцеводства, требует не только совершенного оборудования, но и подготовленных стригальщиков высокой квалификации.

Решение этой задачи – в создании оборудования, которое может быть доставлено в места непосредственного нахождения овец, в том числе совместно с обслуживающим персоналом.

Работа в этом направлении проводится в отделе «Технико-экономических исследований и обоснования системы машин для механизации и автоматизации животноводства» ФГБНУ ВНИИМЖ РАН совместно с Костромской ГСХА. В числе рекомендуемого [4, 5]:

- автономный мобильный стригальный пункт АМСПА-4...6/200 (на базе автомобиля повышенной проходимости грузопассажирского исполнения, с одновременной доставкой стригальщиков);

- автономный электростригальный мобильный агрегат АЭСАМ-2/200-КГСХА (на базе тяжелого трехколесного мотоцикла «ИЖ-Планета-5», «Урал-GearUp», «Днепр-16», с одновременной доставкой стригальщиков);

- автономный мобильный гидрофицированный стригальный пункт АМГСП (на базе тракторного прицепа, с использованием для привода машинок гидросистемы трактора);

- передвижной стригальный пункт ПСП-12/200-ТСХИ (конструкции Туркменского СХИ; перевозка оборудования на тракторном прицепе, шерстопресс на колесном ходу с погрузчиком кип и гидроприводом);

- автономный мобильный стригальный пункт АМСП-6/200-ТСХУ (конструкции Туркменского СХУ, на базе тракторного прицепа).

В то же время считаем целесообразным рекомендовать на перспективу высокопроизводительные стригальные агрегаты, которые могут быть востребованы в крупных овцеводческих хозяйствах и хозяйствах населения, в частности:

- электростригальные агрегаты типа ЭСА 6/200, ЭСА 12/200;

- комплект технологического оборудования типа КТО-24;

- стригальный агрегат с комбинированным питанием конструкции ГНУ ВИЭСХ;

- индивидуальные стригальные аппараты нового поколения с приводом от высокооборотного коллекторного электродвигателя с гибким валом повышенной частоты вращения и малого диаметра (до 3 мм) конструкции ГНУ ВИЭСХ для малых ферм и хозяйств населения;

- стригальный аппарат пониженной массой с гасителем вибрации с одновременной стабилизацией частоты колебания ножа конструкции ГНУ ВИЭСХ;

- электростригальный агрегат ЭСА-1Д (на базе МСО-77 Б);

- электростригальный агрегат АСИ-101 (на базе МСУ-200);

- электростригальный агрегат АСУ-1 (на две машинки МСУ-200);

- стригальную машинку с модернизированным нажимным механизмом и режущим аппаратом на основе МСУ и МСО конструкции Оренбургского ГАУ.

Выводы и предложения

Для решения вопросов, связанных с механизацией производственных процессов в овцеводстве, отвечающих современным требованиям отрасли, включая машинную стрижку овец, необходимо:

– ходатайствовать перед Министерством сельского хозяйства РФ о выделении денежных средств на создание в головных отраслевых НИИ РАН специализированных конструкторских бюро по машинам и оборудованию с оснащенной производственной базой (опытные заводы, мастерские, лаборатории), а также животноводческих хозяйств по видам поголовья для непосредственного опробования разработок;

– принять разработанную «Систему технологий и машин...» как программный документ для организации производства оборудования для овцеводческой отрасли, разработки новых технических средств и модернизации существующих;

– по максимуму задействовать весь комплекс разработанных и хорошо зарекомендовавших себя технических средств на основе отечественных машин для хозяйств с большим поголовьем, а также параллельно вести научные изыскания и разработку машин и оборудования для индивидуальных хозяйств и малых ферм на основе ресурсосберегающих технологий, что будет способствовать возрождению собственного сельскохозяйственного машиностроения и отраслевой науки;

– срочно организовать производство специального технологического оборудования, используемого в овцеводстве (стрижка, ветеринарно-санитарные мероприятия, уборка овчарен, машинное доение овец, глубокая переработка молока и т. д.);

– изыскать возможность дополнительного выделения денежных средств на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в отраслевых научно-исследовательских институтах и вузах;

– государственным структурным подразделениям необходимо изучить вопрос по созданию специализированных предприятий, обеспечивающих процессы машинной стрижки, закупки остриженной шерсти, дальнейшую ее переработку и выпуск продукции с ее реализацией. Создание таких предприятий освободит население и владельцев крестьянско-фермерских хозяйств от забот проведения стрижки и дальнейшей переработки шерсти.

Литература

1. Ерохин, А. И. Овцеводство / А. И. Ерохин, С. А. Ерохин. – М.: Изд-во МГУП, 2004. – 480 с.
2. ФАОстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>. – Дата доступа: 20.05.2017.
3. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi>. – Дата доступа: 22.05.2017.
4. Рекомендации по развитию высокоэффективного овцеводства / Х. А. Амерханов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 124 с.
5. Технология и технические средства машинной стрижки овец: монография / Ю. А. Мирзоянц [и др.]. – Кострома: КГСХА, 2010. – 238 с.
6. Система технологий и машин для механизации и автоматизации производства продукции животноводства и птицеводства на период до 2020 года / Ю. А. Иванов [и др.]. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2013. – 224 с.
7. Фириченков, В. Е. Закономерности изменения эффективности производства продукции овцеводства / В. Е. Фириченков, Ю. А. Мирзоянц, А. Н. Русаков // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 2 (22). – С. 179–185.

В. В. Чумаков, к. т. н., доц., **И. В. Барановский**, к. т. н., **А. И. Пунько**, к. т. н., доц.,
Е. Л. Жилич, **Н. В. Вратил**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: punko@tut.by*

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМА ДЛЯ ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Рассмотрены особенности технологии производства комбикормов для ценных видов рыб с учетом специфики работы технологического оборудования. Определены основные направления исследований с целью улучшения качества (состава, структуры, свойств) комбикормов для рыб, позволяющие разработать новые виды современного сырья и усовершенствовать технологию их производства.

Ключевые слова: ценные породы рыб, корм для рыб, ресурсосберегающая технология, протеин, жир, клетчатка, экструдированные и гранулированные комбикорма.

V. V. Chumakov, I. V. Baranovsky, A. I. Punko, E. L. Zhilich, N. V. Vratil

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: punko@tut.by*

MODERN PROBLEMS OF FEED PRODUCTION FOR VARIOUS BREEDS OF FISH IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Features of the technology of production of mixed fodders for valuable species of fish are considered taking into account the specifics of the operation of this equipment. The main directions of research in the field of development and improvement of mixed fodders for fish are determined, the main of which are the development of new types of modern raw materials and the improvement of their production technology.

Keywords: valuable fish breed, fodder for fish, resource-saving technology, protein, fat, fiber, extruded and granulated mixed fodders.

До 90 % всего объема выпуска ценных видов рыб составляет форель, остальное – это осетр и сом. В настоящее время производством ценных видов рыб в Беларуси занимаются 11 предприятий, крупнейшими из которых являются КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва», КПУП «Форелевое хозяйство «Высокое», ОАО «Альба», ОАО «Опытный рыбхоз «Селец», КПУП «Форелевое хозяйство «Вишов». Одним из крупнейших проектов последнего времени стал ввод рыбоводного промышленного комплекса по производству рыбопосадочного материала лососевых видов рыб в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (БГСХА) [1].

Одной из текущих проблем, требующих решения, является организация в стране производства комбикормов для ценных видов рыб, так как доля кормов достигает 40 % в себестоимости производства.

Средние цены на форель составляют от 9 до 13–15 бел. руб. за 1 кг в зависимости от способа продажи, на осетра – от 15 до 20 бел. руб. за 1 кг. Экспорт ценных видов рыб осуществляет в настоящее время рыбхоз «Селец» (осетр и посадочный материал), форелевое хозяйство «Лохва» (товарная форель), промышленный рыбоводный комплекс в Горках (рыбопосадочный материал форели). Поставки на внешние рынки осетровых видов рыб составляют порядка 50 % общего объема производства.

В Республике Беларусь существует несколько предприятий, способных выпускать специализированные рыбные корма. Однако, несмотря на наличие современного высококачественного оборудования и технологических линий, отечественный комбикорм для белорусских рыбхозов в 2016 году не выпускался. В то же время российские производители ценных пород рыб заказы-

вают рыбные комбикорма у нас, в основном из-за критерия «цена-качество». Технология производства отечественных комбикормов должна развиваться и совершенствоваться, но при отсутствии заказов от рыбоводческих хозяйств это невозможно. На данный момент физико-механические свойства отечественного комбикорма для ценных пород рыб не всегда отвечают современным требованиям, что приводит к более высоким затратам кормов на килограмм прироста живой массы, к загрязнению окружающей среды и повышенным непроизводительным затратам кормов. Это одна из причин, почему форелевые хозяйства Беларуси закупают дорогостоящие импортные корма западных компаний (Scretting, EWOS, «ВюМаг», Rehuraisio, Aller Aqua, Coppens и др.) [2].

Качество форелевых комбикормов зависит от двух основных факторов: 1) рецептуры комбикорма и качества сырья; 2) технологии производства.

Рассмотрим каждый из факторов более подробно. Рацион кормления считается полноценным, если он содержит все необходимые для нормального роста и развития вещества. Энергосодержащими компонентами рациона являются белки (протеин), жиры и углеводы. Однако для нормальной жизнедеятельности недостаточно только энергосодержащих компонентов. В рационе должны присутствовать витамины, минеральные и некоторые другие биологически активные вещества. Протеин играет важную роль в обмене веществ рыб. Различают белковую и небелковую части протеина. Белковая часть распадается до аминокислот, используемых для роста форели и восполнения запасов белка в организме, а также на энергетические нужды. Протеин, содержащий небелковые формы азота, биологически менее ценен. Биологической особенностью рыб является то, что их потребность в протеине в 2–3 раза выше, чем у сельскохозяйственных животных и птиц. Связано это с тем, что выделительную функцию выполняют не только почки, но и жабры. Благодаря этому у рыб не происходит отравления аммиаком, образующимся при окончательном распаде протеина. Например, оптимальный уровень белка для взрослых лососевых рыб составляет 40–45 %, для молоди – 50–60 %. Протеин должен быть полноценным, а это зависит от содержания аминокислот: аргинина, гистидина, лейцина, изолейцина, лизина, метионина, валина, треонина, триптофана и фенилаланина. Недостаток или отсутствие хотя бы одной незаменимой аминокислоты снижает темпы роста.

Жиры являются важнейшим источником энергии. В организме рыб преобладают мягкие жиры, которые усваиваются на 90–95 %. Твердые насыщенные жиры усваиваются не более чем на 60–70 %. Недостаток жиров в рационе приводит к замедлению роста и болезням рыб. Оптимальное количество жира в форелевых комбикормах – 20–25 %, причем жиры должны быть высококачественными – с преобладанием ненасыщенных жирных кислот. Такие жиры на воздухе быстро окисляются, поэтому корма нужны всегда свежие. Окислившиеся жиры в комбикормах приводят к сильному отравлению рыб. Для предотвращения окисления жиров в корма вводят специальные антиокислители, которые могут быть естественными или синтетическими. Срок хранения отечественного комбикорма составляет 3 месяца, зарубежного – около 6 месяцев.

Углеводы служат источником легкодоступной и дешевой энергии. Однако по своим биологическим особенностям рыбы не могут так же эффективно их усваивать, как теплокровные животные. Поэтому содержание углеводов в кормах не должно превышать: для молоди – 20–25 %, для взрослых рыб – 30–35 %. Считается, что лососевые рыбы усваивают углеводы только на 40 %, при этом лучше всего перевариваются углеводы злаковых. Сырая клетчатка лососевыми рыбами практически не усваивается, поэтому ее не должно быть в рационе. Минеральные вещества и витамины необходимы для нормальной жизнедеятельности рыб. Кроме того, в комбикорма для форели добавляют ферментные препараты, способствующие перевариваемости питательных веществ. Например, незначительное количество амила субтилина и протосубтилина (0,5–2,5 г/кг) снижает затраты корма почти в 2 раза при одновременном ускорении роста форели.

Что касается технологии, то комбикорма для лососевых рыб за рубежом изготавливают в основном с применением кормового экструдера. Экструзионная технология позволяет вводить в продукт большое количество жира – до 35–40 %. Уровень расщепления крахмала достигает 97–100 %. Экструдированный продукт имеет высокую водостойкость, сохраняет свою форму.

Производят оборудование для экструдирования комбикормов как российские, так и зарубежные производители (российская компания «Технекс», швейцарский концерн «Buhler AG» и др.).

При производстве комбикормов для форели важен размер частиц измельченного комбикорма, который влияет на текстуру и однородность конечного продукта. На данном этапе смесь сырьевых компонентов измельчается для достижения особых гранулометрических характеристик по крупности частиц. Согласно технологическим требованиям процесса экструдирования, размер частиц не должен превышать 500 микрон (0,5 мм). Как правило, измельчение проводят на молотковых дробилках.

Следующий важнейший этап производства экструдированного комбикорма для рыб – смешивание компонентов в смесителе. В результате получается однородная смесь, что способствует равномерному поглощению влаги при обработке в экструдере, а также предотвращает образование твердых частиц в окончательном продукте.

Для экструдирования смеси чаще применяют двухшнековые экструдеры. По сравнению с одношнековым они имеют ряд преимуществ: можно обрабатывать сырье с более высоким содержанием жира (до 25 %); продукт получается более однородным по форме, размеру и консистенции; возможно вырабатывать мелкие корма для рыб (0,8–2,0 мм в диаметре) [3].

Одно из ключевых требований к рыбному комбикорму – объемный вес, который определяет его поведение в воде: плавучесть на поверхности, быструю погружаемость или погружаемость с заданной скоростью.

Следующий важный этап производства – сушка экструдата для удаления излишней влаги, вносимой в продукт в процессе экструзии, и для доведения кормов до требуемой кондиции. Для большинства рыбных кормов окончательное содержание влаги не должно превышать 10 %, чтобы предотвратить образование плесени и рост бактерий.

Для форелевых кормов этап нанесения жира на гранулу – один из важнейших. Ввод большого количества жира в жидком виде (до 40 %) возможен только благодаря технологии вакуумного напыления, обеспечивающей проникновение жидкости глубоко в структуру гранул экструдированного корма через микропоры. Возможно напыление как жидких, так и порошкообразных компонентов. Однако все параметры технологического процесса для каждого напыляемого компонента должны быть отработаны дополнительно.

После сушки продукт поступает в охладитель. Охладительная установка является завершающим этапом производства, определяющим качество и сроки хранения корма. Заключительная технологическая линия – контрольное просеивание и упаковка форелевых комбикормов в мешки по 25 кг либо в крупногабаритную тару «биг-бэг».

В настоящее время на большинстве комбикормовых заводов республики подобные линии отсутствуют. Предприятия, имеющие такое оборудование, не производят комбикорма для форели по ряду причин (стоимость комбикорма, отсутствие заявок). Также в нашей стране недостаточно сырья, соответствующего мировым стандартам. Рыбная мука, рыбий жир, соевый шрот, растительный протеин – все это приходится покупать за границей, расходуя валютные средства.

Разработкой рецептуры качественных комбикормов для отечественных рыбоводных предприятий занимается РУП «Институт рыбного хозяйства». В числе последних разработок – рецепт комбикорма экструдированного для сеголетков лососевых рыб массой от 30 г. Комбикорм прошел испытания на рыбе и показал хорошие результаты, позволяющие ему конкурировать с зарубежной продукцией. Сырье животного и микробиологического происхождения в его составе занимает 48 %, основой для которого является местное сырье с добавлением импортного соевого шрота и рыбной муки. Содержит полный набор питательных веществ, обогащен витаминами, микро-, макроэлементами и ненасыщенными жирными кислотами.

Производить комбикорма для ценных видов рыб могут только два комбикормовых завода – ОАО «Жабинковский комбикормовый завод» и ОАО «Барановичхлебопродукт». На этих предприятиях установлены специализированные линии небольшой производительности, однако из-за сложности и недостаточной изученности технологического процесса, отсутствия высококачественного сырья, высокой стоимости импортного сырья экструдированный комбикорм для ценных видов рыб не всегда имеет требуемые структурно-механические и физико-химические свойства.

При запуске и настройке технологических режимов работы линии экструдирования наблюдаются потери сырья, колебания качества комбикорма и т. п. [4].

Таким образом, назрела острая необходимость в расширении использования технологии экструдирования комбикормов для рыб на отечественных комбикормовых предприятиях и в разработке нового современного технологического оборудования.

Решению поставленных задач посвящена новая совместная научно-техническая программа Союзного государства «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» («Комбикорм – СГ»). Работы будут вестись совместно с Всесоюзным НИИ комбикормовой промышленности (РФ, г. Воронеж).

В рамках запланированных НИОКР будут разработаны новые рецептуры комбикормов для ценных пород рыб с содержанием белка – до 60 %, жира – до 40 %, с введением стимуляторов роста, биологически активных добавок, созданы инновационные технологии и комплекты оборудования для производства высокоэффективных комбикормов для ценных пород рыб, которые позволят повысить привесы ценных пород рыб на 10–12 %; снизить стоимость товарной продукции рыбоводства за счет снижения стоимости кормов на 10–15 %.

Отличительной особенностью разрабатываемой технологии является использование именно экструзионной обработки многокомпонентной кормовой смеси для придания различной плавучести и скорости погружения гранул. Регулирование глубины физико-химических изменений белково-углеводного комплекса, формирование микропористой структуры и введение в состав полнорационных комбикормов фосфатидов, фузы и т. п. позволят решить проблему регулируемой скорости погружения гранул комбикормов. Денатурация белков, клейстеризация углеводного комплекса, инактивация ферментов обеспечат на 10–12 % повышение усвояемости комбикормов рыбами.

Совместная работа белорусских и российских ученых, а также специалистов комбикормовых производств позволит создать современную инновационную энергосберегающую технологию и комплект оборудования для производства конкурентоспособного корма для ценных пород рыб. А это даст возможность не только вытеснить с рынка зарубежные комбикорма, что укрепит продовольственную безопасность, но и в значительной степени будет способствовать повышению эффективности отечественного товарного рыбоводства и в конечном итоге – решению вопросов, связанных с организацией полноценного питания населения.

Литература

1. Агеец, В. Ю. Современное состояние и перспективы развития комбикормов для пресноводных рыб / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / Под общ. ред. В. Ю. Агееца. – Минск, 2016. – Вып. 32. – С. 75–86.
2. Агеец, В. Ю. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2017. – № 2. – С. 91–99.
3. Остриков, А. Экструдирование комбикормов: новые подходы и перспективы / А. Остриков, В. Василенко // Комбикорма. – 2011. – № 8 – С. 39–42.
4. Агеец, В. Ю. Состояние аквакультуры в Республике Беларусь: возможности инновационного развития и научное обеспечение / В. Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / Под общ. ред. В. Ю. Агееца. – Минск, 2015. – Вып. 31. – С. 14–24.

А. А. Жешко, к. т. н., доц., **А. В. Ленский**, к. э. н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: alex_lensky@mail.ru; azeshko@gmail.com*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

Проанализированы современные тенденции эксплуатации машинно-тракторного парка: применение систем контролируемого движения техники, автономных и роботизированных машинных агрегатов, программных комплексов для оптимизации движения техники.

Ключевые слова: траектория движения, маршрут, машинно-тракторный агрегат, программный комплекс.

A. A. Zheshko, A. V. Lensky

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: alex_lensky@mail.ru; azeshko@gmail.com*

MODERN TRENDS OF OPERATION MACHINE-TRACTOR UNITS BASED ON FOREIGN EXPERIENCE

The modern trends of operation of the machine and tractor park are analyzed: use of systems of the controlled movement of the equipment, independent and robotic machine units, program complexes for optimization of the movement of the equipment.

Keywords: trajectory of the movement, route, machine and tractor unit, program complex.

Возможности автоматизации, вычислительной техники, автоматизированных систем управления определяют перспективы развития современного сельскохозяйственного производства. Анализируя зарубежный опыт эксплуатации машинно-тракторного парка, можно отметить следующие основные тенденции:

- применения систем контролируемого движения техники по полевым участкам;
- разработки и тестирования автономных машинных агрегатов;
- разработки программных комплексов для оптимизации движения техники.

Перечисленные направления предполагают не только минимизацию ручного труда при выполнении трудоемких полевых операций (на начальном этапе), но и практически полное его исключение (на конечном этапе – при использовании автономных энергетических средств). По сути, работа фермера будет заключаться в формировании задания, составлении и оперативной корректировке плана работ.

В настоящее время наиболее развитым направлением является реализация стратегии контролируемого движения техники, или Controlled Traffic Farming (CTF). CTF – сельскохозяйственная система с использованием информационных технологий, направленная на повышение экономической эффективности сельскохозяйственного производства, снижение загрязнения и разрушения почвы. Применение системы CTF способствует снижению уплотнения почвы, улучшению ее физико-механических и биологических свойств, повышению производительности сельхозмашин, снижению вариабельности урожайности и повышению урожая на 15–20 %.

На основании производственного опыта известно, что при бесконтрольном перемещении сельскохозяйственной техники по полю за один сезон уплотняется до 75 % площади и практически вся площадь за второй сезон. При этом восстановление почвы происходит в течение нескольких лет. Использование CTF позволяет снизить уплотненную площадь до 15 % за счет использо-

вания постоянной колеи. При этом существенно снижается потребность в глубокой пахоте. Для реализации СТФ в производстве необходимо в первую очередь выполнить три условия:

- обеспечить одинаковую рабочую ширину захвата для всех машин, используемых при возделывании конкретной сельскохозяйственной культуры;
- обеспечить одинаковую ширину колеи для всех машин, работающих в поле;
- обеспечить из года в год движение сельскохозяйственной техники по одной и той же колее.

В то же время здесь могут возникнуть существенные противоречия: с одной стороны – чем больше ширина захвата машин, тем меньше уплотненная площадь, с другой – увеличение ширины захвата далеко не всегда экономически целесообразно на мелкоконтурных полях и полях сложной конфигурации. Также практически невозможно добиться равного значения ширины колеи для всех используемых в хозяйстве технических средств. Во-первых, это вызвано технологическими особенностями машин. Например, ширина колеи комбайна составляет 3 м и более. Если у всех машин обеспечить такую ширину колеи, то ими будет сложно пользоваться в повседневной жизни.

Во-вторых, наличие конструктивных отличий техники различных производителей является неотъемлемой частью маркетинговой политики изготовителей машин и оборудования.

Таким образом, при принятии решений об использовании системы СТФ необходима оценка различных альтернативных вариантов, однако, исходя из европейского опыта, уменьшение уплотненной почвы даже до 20 % уже экономически выгодно.

Обеспечить движение сельскохозяйственной техники по одной и той же колее в настоящее время стало возможным благодаря использованию глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, применению подруливающих устройств, использующих корректирующий сигнал RTK. Только использование корректирующего сигнала позволит двигаться сельскохозяйственным машинам по одной и той же колее из года в год с точностью ± 2 см. Возможность использования навигационных систем дает сельскохозяйственному товаропроизводителю много других преимуществ и является хорошей предпосылкой перехода к системе СТФ (рисунок 1).

Использование систем навигации позволит обеспечить оптимальную величину перекрытия смежных проходов посевных агрегатов, машин для внесения удобрений и химических средств

защиты растений. В ряде случаев отклонение достигает 5–10 %, происходит перерасход посевного материала, удобрений и средств защиты растений. Это приводит к снижению окупаемости удобрений за счет недобора урожая, снижению качества урожая, загрязнению окружающей среды.

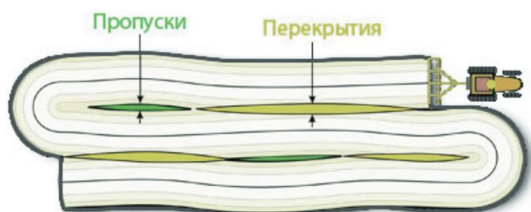


Рисунок 1. – Траектория движения агрегата с использованием навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS

Использование системы контролируемого движения техники является звеном комплексной автоматизации всего сельскохозяйственного предприятия и способствует скорейшему переходу к полностью автономным системам для выполнения полевых работ.

В 2015 году известным производителем сельскохозяйственной техники «Case IH» на выставке «Farm Progress Show» в Айове, США, предложен новый робототехнический трактор «Автономное экспериментальное транспортное средство», разработанный совместно с технологической компанией Autonomous Solutions Inc (рисунок 2) [1].



Рисунок 2. – Автономное экспериментальное транспортное средство CaseIH

По заключению специалистов, наблюдается тенденция объединения ферм США в крупные компании, поэтому высокопродуктивный

труд является одним из важнейших критериев, определяющих эффективность сельскохозяйственного производства. При этом в настоящее время фермерам далеко не всегда удается поддерживать высокую производительность труда. Так, до 30 % выращенной продукции пропадает из-за нехватки рабочей силы. Поскольку в период сбора урожая время приобретает исключительную ценность, то разработка и использование экспериментальных автономных тракторов позволяет организовать 24-часовую работу, когда время крайне ограничено.

Беспилотные тракторы могут быть запрограммированы с помощью планшета и дают возможность осуществлять посевные работы, посадку растений и подготовку почвы. Они оснащены системой обнаружения препятствий, радаром, камерами и другими устройствами. Это позволяет оператору планировать траекторию движения для различных полей, уточнять ее, а также управлять несколькими тракторами, выполняющими различные операции на отдельных полях либо совместно на одном поле.

Трактор обладает двигателем мощностью 419 л. с. и максимальной скоростью 50 км/ч. Сегодня такие экспериментальные автономные тракторы являются лишь прототипами: они полностью работоспособны и могут выполнять все функции в поле, однако пока отсутствуют в продаже, поскольку нуждаются в дальнейшей доработке, связанной с юридическим статусом автономных транспортных средств.

Что касается разработки программных комплексов для оптимизации движения техники, то наиболее интересной является разработка компании Claas (Германия) совместно с Европейским агентством спутниковой связи (Чехия), удостоенная серебряной медали на Международной выставке Agritechnica-2015.

Система оптимизации движения трактора во время работы на поле включает функции точного расчета маршрута и прогноза затрачиваемого времени. Выбор оптимального направления движения трактора при обработке почвы часто представляет определенные трудности на больших полях неправильной формы. Предлагаемое программное обеспечение компании Claas формирует схему расположения поля и прокладывает наиболее эффективный маршрут, указывая приблизительное количество времени, которое будет затрачено на его прохождение. Система сравнивает текущую ситуацию со спланированной и при необходимости предлагает действия по ее улучшению, что может сократить время, затрачиваемое на обработку поля, в среднем на 6 % [2].

Заключение

Учитывая проведенные ранее исследования (в том числе и зарубежные), можно отметить, что нормирование производительности сельскохозяйственной техники должно осуществляться в индивидуальном порядке для каждой технологической системы (поле – машинно-тракторный агрегат) с применением специализированных вычислительных алгоритмов, которые позволят учитывать не только базовые факторы (длина гона, сопротивление почв), но и сложность конфигурации полевых участков.

Литература

1. Автономные тракторы от «Case IH» – сельскохозяйственные «терминаторы» // GearMix [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://gearmix.ru/archives/30305>. – Дата доступа: 09.02.2017.
2. Лысенко, К. Agritechnica-2015: инвестиции в будущее / К. Лысенко // Аграрное обозрение. – 2015. – № 6(52). – С. 20–29.

Н. Ф. Капустин, к. т. н., О. Н. Буляк, О. А. Дытман

*РУП «НПП НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: npcter@yandex.ru*

СВОЙСТВА ЭФФЛЮЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЭРОБНО ПЕРЕРАБОТАННОГО НАВОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Рассмотрены основные свойства сброженного в биогазовой установке субстрата в контексте использования его в качестве органоминеральных удобрений.

Ключевые слова: органические удобрения, субстрат, эффлюент, элементы питания, органическое вещество.

N. F. Kapustin, O. N. Buliak, O. A. Dytman

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: npcter@yandex.ru*

THE EFFLUENT PROPERTIES ON THE BASIS OF ANAEROBIC RECYCLED CATTLE MANURE

The article describes the basic properties of the fermented substrate in a biogas plant in the context of its use as organic fertilizers.

Keywords: organic fertilizer, substrate, effluent, nutrients, organic matter.

Биогазовые технологии в последнее время получают стремительное развитие во многих областях сельского хозяйства. В настоящее время в республике функционируют 9 биогазовых установок, работающих на органических отходах животноводства. В основе их работы лежит процесс анаэробного биоразложения органического вещества с образованием биогаза и сброженного субстрата (эффлюента), который подлежит утилизации.

Эффлюент по своему составу обладает высокой потенциальной удобрительной ценностью, технологичен для внесения и для сепарации, что позволяет хозяйствам, эксплуатирующим биогазовые установки, уменьшить объем закупки дорогостоящих минеральных удобрений.

Однако до настоящего времени нет единого мнения об агрономической эффективности сброженного субстрата при возделывании сельскохозяйственных культур в сравнении с традиционными органическими удобрениями. Данные по влиянию эффлюента на урожайность сельскохозяйственных культур неоднозначны: прибавка урожая по сравнению с традиционным бесподстилочным навозом составляла 10–20 %, а в некоторых случаях даже 100 % [1–2]. По мнению зарубежных ученых [3–6], применение эффлюента более эффективно при выращивании сельскохозяйственных культур (сои, кукурузы, пшеницы, ярового ячменя, овса) по сравнению традиционными органическими и минеральными удобрениями. Отмечаются следующие преимущества использования эффлюента: уменьшение запаха от вносимых удобрений благодаря разложению летучих органических соединений, увеличение содержания легкоусвояемого растением и быстродействующего азота, подавление жизнедеятельности или нейтрализация семян сорняков и патогенных микроорганизмов. Полученный в результате применения эффлюента эффект также связывают с уменьшением плотности почвы, увеличением ее влагоудерживающей способности и доступности питательных элементов. По мнению ряда авторов [7–11], действие эффлюента на урожайность сельскохозяйственных культур равноценно влиянию эквивалентных по азоту доз минеральных удобрений.

Важнейшим фактором оценки агрохимической ценности и экономической эффективности применения органических удобрений является их химический состав, в особенности содержание органического вещества и биогенных элементов питания.

В лаборатории использования топливно-энергетических ресурсов совместно со специалистами РУП «Институт почвоведения и агрохимии» проведены исследования по определению

агрохимических свойств эффлюента, полученного на основе анаэробно переработанных отходов животноводства пилотной биогазовой установкой РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Основу сырьевой базы составляет жидкий навоз крупного рогатого скота (КРС), поступающий из производственных помещений молочно-товарной фермы на 800 голов. В ферментер биогазовой установки также добавляют в небольшом количестве растительную биомассу – кукурузный силос и зерновые отходы комбината хлебопродуктов с содержанием зерна до 2 %.

Исследовались три образца материалов: исходный (нативный) жидкий навоз крупного рогатого скота, сброженный субстрат (эффлюент) и твердая фракция эффлюента, прошедшего сепарацию.

Содержание сухого вещества в исходном субстрате составило 7,7 %. Метангенерация сопровождалась уменьшением содержания сухого вещества в эффлюенте до уровня 4,4 %. В процессе сепарации эффлюента была получена твердая фракция с содержанием сухого вещества 25,5 %.

Величина рН исходного субстрата была близка к нейтральной, в то время как реакция эффлюента и отсепарированного осадка была более щелочная, достигая значений 8,50–8,69 ед.

В процессе исследований установлено, что исходный субстрат содержал в расчете на естественную влажность: общего азота – 0,21 %, общего фосфора – 0,12 %, общего калия – 0,26 %, кальция – 0,04 %, магния – 0,03 %. При его анаэробной переработке в биогазовой установке общее содержание азота и основных зольных элементов питания в эффлюенте увеличилось приблизительно на 5 % по сравнению с исходным уровнем. Твердая фракция эффлюента после сепарации отличалась более высокими показателями содержания общего азота (0,45 %), фосфора (0,41 %), калия (0,36 %), кальция (0,11 %) и магния (0,08 %).

В целом содержание NPK на 1 т удобрения составило 5,9 кг для исходного субстрата, 6,2 кг – для эффлюента, 12,2 кг – в отсепарированном сброженном осадке.

Анаэробная переработка в биогазовой установке способствовала увеличению уровня аммонийного азота в эффлюенте до 0,13 % против 0,09 % в исходном субстрате. В результате в эффлюенте доля азота в аммонийной форме, которая быстро усваивается растениями, составила 62 % от его общего содержания; в исходном субстрате этот показатель был на уровне 43 %. Наименьшим содержанием аммонийного азота (0,07 %) характеризовалась твердая фракция эффлюента, прошедшего сепарацию. В долевом выражении это составило всего 16 % от общего содержания в ней азота.

Содержание валовых форм микроэлементов в эффлюенте осталось сопоставимым с их уровнем в исходном субстрате: Fe – 64,9–66,4 мг/кг, Cu – 5,20–5,80 мг/кг, Zn – 5,34–7,65 мг/кг, Mn – 5,87 мг/кг, Ni – 0,25–0,30 мг/кг, Co – 0,09–0,11 мг/кг, Cr – 0,32–0,34 мг/кг. В отсепарированном сброженном осадке было более концентрированным содержание микроэлементов: хрома содержалось больше в 1,7 раза, никеля – в 1,9 раза, меди и марганца – в 2,2 раза, цинка – в 3 раза, кобальта – в 3,4 раза, железа – в 5,1 раза.

Таким образом, по химическому составу исследуемый эффлюент соответствовал требованиям ГОСТ 33380–2015 и характеризовался более высоким содержанием аммонийного азота по сравнению с исходным навозом крупного рогатого скота.

Ввиду активного строительства в последние годы биогазовых установок, а следовательно, увеличения количества образуемых сброженных отходов биогазового производства существует необходимость дальнейшего изучения их влияния на свойства почвы и урожайность возделываемых культур.

Литература

1. Клочков, А. В. Европейский опыт производства и использования биогаза / А. В. Клочков, Д. В. Кацер // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 71–76.
2. Использование биогазовых энергетических установок в АПК / В. А. Занкевич [и др.] // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–15 апреля 2011 г.: в 2 ч. / Мин-во сельск. хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь, Белорус. гос. аграрно-техн. ун-т, БРФФИ. – Минск, 2011. – Ч. 1. – С. 91–93.

3. Macadi, M. Digestate: A New Nutrient Source – Review / M. Macadi // Biogas; ed. By S. Kumar. – Croatia: In Tech, 2012. – P. 295–310.
4. Characterization of the effluent residue from anaerobic digestion of pig excreta for its utilization as fertilizer / J. Plaixats [et al.] // Agrochimia. – 1988. – Vol. 32, № 2/3. – P. 236–239.
5. Tiwari, V. N. Effect of crop residues and biogas slurry incorporation in wheat on yield and soil fertility / V. N. Tiwari, K. N. Tiwari, R. M. Upadhyay // J. Indian Soc. Soil Sci. – 2000. – Vol. 48. – P. 515–520.
6. The influence of different processing methods for slurry upon its fertilizer value on grassland / H. Vetter [et al.] // Developments in plant and soil sciences. – 1987. – Vol. 30. – P. 73–86.
7. Гринблаг, Г. Я. Ферментированные отходы свиноферм – качественное удобрение / Г. Я. Гринблаг // Биотехнология вторичных органических субстратов. – Рига, 1990. – С. 13–18.
8. Мерзлая, Г. Е. Применение сброженного куриного помета в качестве удобрения / Г. Е. Мерзлая, Н. А. Слизовская // Анаэробная биологическая обработка сточных вод: материалы науч.-техн. конф., Кишинев, 15–17 ноября 1988 г. – Кишинев, 1988. – С. 159–160.
9. Эффективность действия сброженного навоза / Р. Р. Визла [и др.] // Удобрение полевых культур в системе интенсивного земледелия. – Рига, 1990. – С. 43–59.
10. Abubaker, J. Biogas residues as fertiliser – Effects on wheat growth and soil microbial activities / J. Abubaker // Applied Energy. – 2012. – Vol. 99. – P. 126–134.
11. Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil / F. Montemurro [et al.] // Agrochimica. – 2008. – Vol. 52. – P. 297–312.

УДК 629.133

Поступил в редакцию 12.06.2017
Received 12.06.2017

Л. Г. Сапун, к. т. н., доц., С. В. Занемонский, Е. Ю. Журавский

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: zaharov_av7@tut.by*

К ВОПРОСУ СЕРТИФИКАЦИИ СООТВЕТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ УРОВНЮ «ЕВРО-5» ДВИГАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «УКХ «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД»

В статье рассмотрены вопросы экологических стандартов «Евро», в которые входит регулирование вредных и загрязняющих веществ, находящихся в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания. Приведен уровень экологического стандарта «Евро-5», достигнутый отечественными двигателями.

Ключевые слова: двигатель, экологический уровень, система топливоподачи, сертификация, токсичность отработавших газов.

L. G. Sapun, S. V. Zanemonsky, E. Y. Zhuravsky

*Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: zaharov_av7@tut.by*

TO THE QUESTION OF CERTIFICATION OF CONFORMITY TO THE ENVIRONMENTAL LEVEL OF EURO-5 MOTORS MANUFACTURES OF JSC UKH MINSK MOTOR FACTORY

In article questions of environmental standards «Euro» which include regulation harmful and the pollutants which are in exhaust gases of internal combustion engines are considered. The reached level of environmental standard Euro-5 is specified by domestic engines.

Keywords: the engine, ecological level, system of fuel feeding, certification, toxicity of the fulfilled gases.

Введение

Согласно статистическим данным, 70% рынка новых автомобилей в Европе составляют дизели. Оснащение силового агрегата дизельными двигателями внутреннего сгорания имеет ряд преимуществ. Вследствие высокого термического КПД, обусловленного увеличенной степенью сгорания, дизельные транспортные средства имеют на 20–25 % меньший удельный расход то-

плива. И при этом ставится задача снижения содержания токсичных составляющих в отработанных газах до пределов, предусмотренных в экологических нормах допустимых выбросов вредных веществ автомобилей.

Основная часть

Двигатели «Евро-5» относятся к группе двигателей с электронной системой топливоподачи, внедрение которых на Минском моторном заводе началось с освоения производства в 2007 г. двигателей уровня «Евро-3», в которых впервые была применена система топливоподачи Common Rail. Основной ее особенностью является наличие аккумулятора высокого давления топлива – «рэйла». Управление топливоподачей осуществляется электронным блоком управления, который подает импульс напряжения на форсунки с электромагнитными клапанами. Данная система оказалась наиболее приемлемой для использования в двигателях ОАО «УКХ «ММЗ», так как при большой универсальности может применяться без существенных изменений конструкции двигателя.

Аккумуляторная система топливоподачи Common Rail позволяет обеспечить более широкие, в отличие от вариантов с механическим регулятором топливного насоса высокого давления, требования по впрыску топлива:

- повышенное давление впрыскивания (1600...1800 бар и выше);
- изменяемый момент начала впрыскивания;
- регулирование давления впрыскивания (230...1800 бар) в зависимости от условий эксплуатации.

Аккумуляторная система топливоподачи CommonRail включает в себя:

- контур низкого давления, а также агрегаты подачи топлива;
- контур высокого давления, включая топливный насос высокого давления, топливный аккумулятор высокого давления, инжекторы и топливопроводы высокого давления;
- систему электронного регулирования работы двигателя, датчики управления и исполнительные механизмы;
- системы подачи воздуха и отвода отработавших газов.

Важнейшим элементом аккумуляторной системы топливоподачи CommonRail является инжектор с быстродействующим электромагнитным клапаном. Он открывает и закрывает распылитель, регулируя процесс впрыскивания топлива в каждом цилиндре. Все инжекторы подсоединены к топливному аккумулятору высокого давления.

Внедрение и развитие топливоподающей системы CommonRail на Минском моторном заводе связано с внедрением все более жестких мер международных экологических норм для грузовых автомобилей с дизелями (таблица 1), установленных правилами № 49.02 ЕЭКООН.

На Павлодарском автомобильном заводе успешно проходят испытания автобусы, укомплектованные двигателями Д-245.9Е5.

Таблица 1. – Нормы допустимых выбросов дизелей

Токсичные составляющие, г/кВт·ч	Euro II 1996 г.	Euro III 2000 г.	Euro IV с 2010 г.	Euro V с 2010 г.
СО, окись углерода	4,0	2,1	1,5	1,0
СпНп, углеводороды	1,1	0,66	0,46	0,3
NOx, оксиды азота	1,0	5,0	3,5	1,5

Минские двигатели уровня «Евро-5» при применении на территории стран СНГ имеют ряд конкурентных преимуществ по сравнению с зарубежными аналогами. Они во многом обусловлены высокой степенью унификации с серийно выпускаемыми двигателями Д-245, применяемыми в производстве автотехники ОАО «МАЗ» и «Группы «ГАЗ». К таким преимуществам относятся: наличие в достаточном количестве запасных частей в любых регионах Республики Беларусь, Украины и других стран; высокий уровень ремонтпригодности при развитой сети сервис-

ного обслуживания и ремонта в Беларуси и других стран СНГ; отсутствие необходимости в обучении персонала особенностям эксплуатации и обслуживания двигателей, так как они являются усовершенствованными модификациями применяемых ранее двигателей «Евро-4». А также высокая степень готовности к работе в условиях низких температур окружающего воздуха, благодаря применению наиболее эффективной системы облегчения пуска – свечи накаливания в каждом цилиндре; умеренная система форсировки для Д-245.35Е5 – 37,3 л. с./л (для двигателей зарубежных фирм – до 40 л. с./л) и, как следствие, – высокая надежность; использование того же диагностического оборудования, что и для двигателей серии «Евро-4», поставлявшихся ранее. Мощностно-экономические показатели двигателей уровней «Евро-4» и «Евро-5» одинаковы. Основное отличие заключается в экологических показателях и способах их достижения.

Осуществлено и юридическое сопровождение двигателей уровня «Евро-5», заключающееся в сертификации их на соответствие требованиям для данного экологического класса. Для двигателей Д-245.7Е5 и Д-245.9Е5 в 2015 г. органом по сертификации специальных и специализированных автотранспортных средств и услуг на автомобильном транспорте «САМТ-Фонд» (г. Москва) выдан сертификат соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Международное официальное утверждение двигателя Д-245.35Е5 проведено в рамках Женевского соглашения 1958 года по Правилам ЕЭК ООН. На основании Соглашения о введении глобальных технических правил для колесных транспортных средств, предметов их оборудования и частей 25 июля 1998 г., в конструкции двигателя Д-245.35Е5 применены две альтернативные системы каталитической нейтрализации отработавших газов (SCR) производства компаний «Динекс Русь» и «РОССКАТавто» (Россия) с использованием впрыска мочевины AdBlue для распада токсичных окислов азота на безопасные и привычные азот и воду.

Сертификационные испытания двигателей проводились в Научно-техническом центре ОАО «УКХ» ММЗ», аккредитованном в рамках Женевского соглашения под номером E28/G. В процедуре сертификации предусмотрена оценка производства двигателя Д-245.35Е5 заявленным требованиям, которая была проведена органом по сертификации «ПОЛИТЕХ-СЕРТ», г. Минск. Также проведена проверка всей технологической цепочки производства – от входного контроля комплектующих изделий до испытания двигателей, а также наличия всей необходимой конструкторской и технологической документации, аккредитации, проверка измерительного инструмента и оборудования, соответствия персонала.

В 2016 году Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь выданы сообщения об официальном утверждении двигателя Д-245.35Е5 в отношении выбросов вредных веществ в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 49–05 («Евро-5»); в отношении выбросов видимых загрязняющих веществ (дымности) – в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 24(03) и в отношении измерения полезной мощности – в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 85(00). Указанные сообщения об официальном утверждении являются международными и признаются в странах, присоединившихся к Женевскому соглашению, что позволяет беспрепятственно поставлять двигатели в эти страны.

Заключение

Представляется комплексное решение проблемы снижения содержания токсичных составляющих в отработанных газах двигателей.

1. Одним из факторов является применение топливных систем с высоким давлением впрыска (CommonRail до 1800 бар) с электронным управлением, что повышает точность цикловой подачи, создает условия для лучшего смесеобразования и более полного сгорания. Применение инжектора с быстродействующим электромагнитным клапаном позволяет увеличить скорость срабатывания, точность дозирования и управления процессом впрыска. В результате этих мер повышается КПД двигателя и уменьшается токсичность отработавших газов.

2. Применение каталитических нейтрализаторов и сажевых фильтров (для дизельных двигателей автомобилей) считается наиболее перспективным в настоящее время.

Литература

1. Дизельные аккумуляторные топливные системы CommonRail. Учебное пособие / Перевод с английского. – М: ЗАО «Легион – Автодата», 2014. – 94 с.: пл.
2. Шабуня, Н. Г. Основы теории и расчета тракторных и автомобильных двигателей / Н. Г. Шабуня, В. Е. Тарасенко, Т. А. Варфоломеева. – Минск: БГАТУ, 2013. – 192 с.
3. Константинова, Н. Минский двигатель Евро-5 уже в «законе» / Н. Константинова // Моторостроитель. – 2016. – № 18. – С. 1.

УДК 338.436:631.15:620.952

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

А. Е. Свистула, д. т. н., проф., **И. А. Свистула**, к. э. н.

*ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»,
г. Барнаул, Российская Федерация
e-mail: D21200403@mail.ru; Svistula.i@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Приведены результаты расчета затрат на переработку и получение рапсового масла. Показано снижение расхода топлива и вредных выбросов дизеля. Даны рекомендации по снижению вредных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, альтернативное топливо, биотопливо, рапсовое масло, биодизель, экология.

A. E. Svistula, I. A. Svistula

*Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation
e-mail: D21200403@mail.ru; Svistula.i@mail.ru*

APPLICATION OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF ALTAI TERRITORY

The results of calculation of costs for processing and obtaining rapeseed oil are given. Reduction of fuel consumption and toxic emissions of a diesel engine are shown. The recommendations for reduce air emissions are given.

Keywords: agricultural complex, alternative fuel, biofuel, colza oil, biodiesel engine, ecology.

Введение

Самое большое количество производимой человеком энергии на земле приходится именно на долю двигателей внутреннего сгорания (ДВС). В этой связи в последнее время во всем мире заметна тенденция ужесточения требований вредных выбросов с отработавшими газами.

Алтайский край является сельскохозяйственным регионом, таким образом, для края особенно остро стоит вопрос внедрения и использования альтернативных источников энергии. Учитывая то, что край сельскохозяйственный, наиболее перспективными можно считать источники растительного происхождения, к которым можно отнести рапс и продукты его производства.

Переход на биотопливо означает децентрализацию по крайней мере части топливно-энергетического комплекса, демонополизацию производства горючего и снижение капитальных затрат на его производство, в котором используются традиционные сельскохозяйственные машины и механизмы.

Объект и методика

Немецкие ученые F. Schuenemann, J. Thurlow, M. Zeller разрабатывают интегрированную систему моделирования для одновременной оценки экономических и экологических последствий производства биотоплива [1].

Барнаульский маслоэкстракционный завод является территориальным производственным подразделением ООО «Юг Сибири» – крупнейшего за Уралом производителя растительных масел. Производственные мощности предприятия на сегодняшний день позволяют перерабатывать 165 тыс. тонн семян масличных культур, производить 66 тыс. тонн рафинированного дезодорированного масла и 68 тыс. тонн шрота в год. Территориальное производственное подразделение «Барнаульский МЭЗ» специализируется на производстве подсолнечного, соевого и рапсового масла и имеет полный цикл переработки, современное оборудование, контроль на всех этапах производства лабораторией, аттестованной центром стандартизации и метрологии.

Произведенное нерафинированное рапсовое масло в основном используют в качестве сырья для производства биотоплива: 43 % нерафинированного рапсового масла экспортируется в Китай, 42 % – в Латвию, 2 % – в Монголию, 1 % – в Узбекистан и 8 % поставляется в регионы Российской Федерации [2].

В Алтайском крае площадь пашни составляет 6,5 млн га, в свою очередь, посевные площади занимают 5,5 млн га. Таким образом, возможно значительное увеличение посевных площадей [3]. Наиболее благоприятные территории для выращивания рапса расположены на юго-востоке края – Быстроистокский, Смоленский, Петропавловский районы.

Биотопливная технология органически вписывается в схему фермерской деятельности, обеспечивая энергетику транспорта и сельскохозяйственных машин, поддерживая плодородие почвы (после уборки рапса на каждом гектаре остается в земле около 65 кг азота, 34 кг фосфорной кислоты, 60 кг калия), поставляя корм для скота [4].

Незначительные затраты на адаптацию автотракторной техники к применению биодизельного топлива в обычном двигателе при использовании существующих систем технического обслуживания, средств транспортировки и заправки топливом способствуют успешному применению биотоплива в сельском хозяйстве.

Одним из перспективных и эффективных методов достижения высокой топливной экономичности и соответствия нормам токсичности по EURO является использование систем Common Rail (CR), обеспечивающих высокие значения максимального давления впрыскивания топлива. Одновременно путем повышения давления впрыскивания вероятно решение и другой проблемы – адаптации дизеля к работе на биотопливе. Применение топливной системы с повышенной энергией впрыска топлива (типа CR) позволит выполнить нормы ГОСТ Р 41.96–2011 (Правил ЕЭК ООН № 96).

Результаты исследований

Данные расчета стоимости производства рапсового масла в условиях сельскохозяйственного предприятия приведены в таблице 1.

Преимущества применения растительного масла в качестве топлива:

- экологическая чистота;
- возобновляемый источник энергии;
- большая пожаробезопасность, так как у растительных масел большая температура самовоспламенения;
- низкая стоимость (растительное масло в чистом виде примерно в 2 раза дешевле дизельного топлива, отсутствие высоких акцизов на производство и реализацию растительного масла и др.) [5].

На рисунке 1 показано относительное изменение выхода токсичных компонентов при переводе двигателя на рапсовое масло по сравнению с дизельным топливом (минеральный дизель). На режимах больших нагрузок отмечено улучшение полноты сгорания и снижение выхода продуктов неполного сгорания. Это объясняется увеличением локального коэффициента избытка воздуха α и количества активного атомарного кислорода, участвующего в процессах окисления.

Повышенный выброс окислов азота NO_x объясняется большим периодом задержки воспламенения по сравнению с дизельным топливом. Большее количество топлива подготавливается к сгоранию за период задержки, поэтому максимальная скорость тепловыделения и количество

Таблица 1. – Примерный расчет затрат на переработку и выход готовой продукции

Показатели	Значение показателей
Количество переработанного сырья за месяц, кг	52000
Себестоимость сырья (маслосемян), у. е./кг	0,08
Затраты на сырье, перерабатываемое за месяц, у. е.	4160,00
Затраты на переработку маслосемян, у. е., всего	96,60
Производственные затраты на производство и переработку маслосемян рапса, руб.	4256,6
Выход продукции (основной и побочной), кг	
масло	15600
жмых	36400
Себестоимость рапсового масла, у. е./кг	0,27
Доход от реализации жмыха, у. е.	4181,72
Затраты на производство рапсового масла с учетом выручки от реализации побочной продукции, у. е.	74,89
Себестоимость производства рапсового масла в пересчете на 1 кг масла, у. е.	0,0048

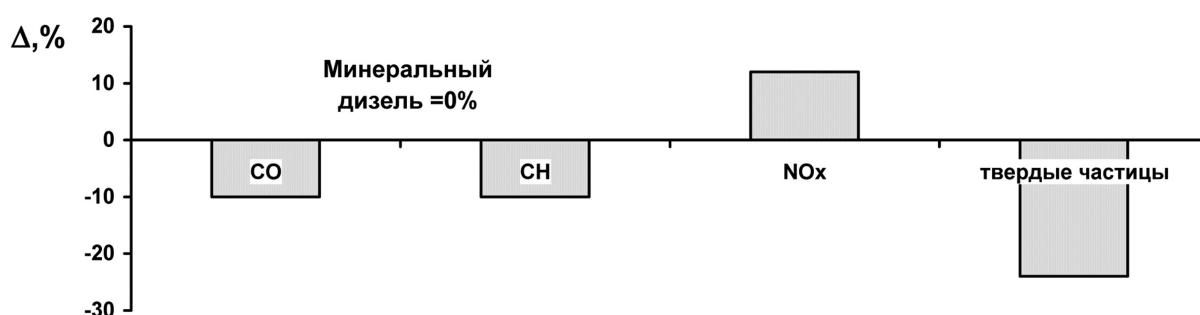


Рисунок 1. – Изменение количества вредных выбросов при переходе на рапсовое масло

выделившейся теплоты в фазе взрывного горения для растительных топлив в этот период выше, чем для дизельного топлива. Это приводит к росту температуры и, как следствие, к большему выходу окислов азота. Снизить выход окислов азота NOx можно путем уменьшения угла опережения впрыска топлива.

Анализ экологических показателей двигателей свидетельствует о снижении токсичных выбросов при работе на биотопливе. Окись углерода CO (угарный газ) на всех режимах по нагрузке снижается примерно в 2 раза, выбросы углеводородов CH также ниже в 2 раза, количество твердых частиц (дымность) на режиме максимальной нагрузки меньше в 2 раза, дымность на режиме малой нагрузки снижается до 0. Также существенно улучшились экологические качества двигателя. Выбросы оксидов азота на номинальном режиме работы двигателя сократились на 15–20 % [4].

Выводы и предложения

Проблема замены нефтяного топлива на возобновляемые ресурсы является актуальной. С точки зрения экономической эффективности, сокращения вредных выбросов, неистощительного использования природных ресурсов и малоотходного производства наиболее рентабельным и экологичным для Алтайского края является применение альтернативного топлива на основе рапса. Алтайские производители экспортируют нерафинированное рапсовое масло в Китай и Латвию, где оно используется в качестве сырья для производства биотоплива. В крае есть незадействованные посевные площади для выращивания рапса.

Использование биодизельного топлива является рентабельным при внутривладельческом его использовании с учетом эффективного использования побочных продуктов его получения и отсутствия торговых наценок и прочих сборов.

Экономический эффект при использовании альтернативного топлива достигается не только за счет изменения (уменьшения) стоимости топлива, но и за счет снижения антропогенного воздействия на окружающую среду эмиссией двигателя, а также уменьшения уровня шума.

Выполнено исследование по использованию альтернативного топлива на основе рапсового масла в агропромышленном комплексе.

Разработанная методика может быть применена для регионов с благоприятными условиями для выращивания рапса и не имеющих собственных нефтяных ресурсов. Мировой и российский опыт такой модернизации производства показывает, что этот подход ведет не только к улучшению экономических показателей, но к существенному улучшению условий жизни людей.

Литература

1. Schuenemann, F. Leveling the field for biofuels: comparing the economic and environmental impacts of biofuel and other export crops in Malawi / F. Schuenemann, J. Thurlow, M. Zeller // *Agricultural Economics*. – 2017. – № 3. – С. 301–315.
2. ООО «Юг Сибири» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Электрон. текст. дан. – Барнаул, 2017. – Режим доступа: <http://ugsibiri.com/>. – Загл. с экрана.
3. Свистула, И. А. Применение биотоплив как фактор развития «зеленой экономики» / И. А. Свистула // *Вестник Алтайской науки*. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2015. – № 3. – С. 486–490.
4. Фролкин, А. С. Опыт использования рапсового масла в качестве топлива для дизелей «ПО АМЗ» / А. С. Фролкин, А. Е. Свистула, И. А. Свистула // *Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики (ЭЭТПЭ): материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции / АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 1–4 октября 2008 г.* – Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2008. – С. 226–229.
5. Свистула, И. А. Повышение автономности агропромышленного комплекса Алтайского края за счет использования возобновляемых источников энергии / И. А. Свистула // *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. / РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».* – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 259–263.

УДК 331.46 + 614.8:64:314.9

Поступил в редакцию 23.08.2017

Received 23.08.2017

И. В. Гальянов, д. т. н., проф., **Н. С. Студенникова**, ст. н. сотр.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина»,
г. Орел, Российская Федерация
e-mail: vnii.orelsau@mail.ru; stu-nadya@yandex.ru*

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИКИ – ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Условия труда в организациях сельского хозяйства остаются неудовлетворительными, поскольку около 30 % работников заняты на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. На основании ретроспективного анализа представлены опасности, свойственные растениеводству. Раннее выявление и профилактика причин возникновения производственных травм позволят снизить моральный и материальный ущерб, причиняемый ими, улучшить качество жизни сельского населения и будут способствовать социально-экономическому развитию сельских территорий.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, растениеводство, технические неисправности, травмы, причины травмирования.

I. V. Galyanov, N. S. Studennikova

*Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
«Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin», Orel, Russian Federation
e-mail: vnii.orelsau@mail.ru; stu-nadya@yandex.ru*

SAFETY – THE BASIS OF THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Working conditions in organizations of agriculture remain poor, as about 30 % of workers are employed in jobs with harmful and (or) dangerous working conditions. On the basis of the retrospective analysis is presented of the danger inherent in the crop. Early detection and prevention of the causes of injuries will reduce moral and material damage

caused by them to improve the quality of life of the rural population and to promote socio-economic development of rural areas.

Keywords: agricultural technique, crop, technical malfunctions, injuries, causes of injury.

Технологические процессы в сельском хозяйстве осуществляются с использованием силового, транспортного и другого оборудования и имеют высокий потенциальный уровень опасностей, которые при определенных состояниях приводят к отказам техники и оборудования, в результате чего может произойти травмирование работников. Причиной всех травм и заболеваний работников является неблагоприятное воздействие на их организм факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, в зависимости от наличия потенциально неблагоприятных факторов и уровня влияния на организм, может привести в различных обстоятельствах к травмам, в том числе с тяжелыми последствиями. Причинами большого числа травм работников являются движущиеся машины и механизмы, подвижные и вращающиеся рабочие органы и их приводы [1]. Считается, что травмы являются одной из ведущих причин смерти и инвалидности, и ученые призывают организации и правительства планировать и осуществлять программы по профилактике травматизма в Восточной Европе [2]. В большинстве случаев травмы и заболевания, связанные с работой, должны и могут быть предотвращены. Понимание масштабов проблемы и ее предпосылок, связанных с работой, происхождения смертельных и тяжелых травм – первый важный шаг в их профилактике [3].

По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), уровень травматизма в сельском хозяйстве остается одним из самых высоких среди всех видов экономической деятельности. В 2016 году уровень общего травматизма в сельском хозяйстве превысил среднероссийское значение в 1,6 раза, а со смертельным исходом – в 1,9 раза (рисунок 1) [4].

Наиболее тяжелый исход имеют травмы в растениеводстве. Так, в 2016 году коэффициент тяжести несчастных случаев (среднее число дней нетрудоспособности, приходящихся на 1 несчастный случай) в растениеводстве превысил среднероссийское значение на 3,0 % и среднеотраслевое – на 6,3 %. В среднем один работник растениеводства в результате несчастного случая отсутствовал на работе 50,5 дня (рисунок 2). Таким образом, травматизм в сельском хозяйстве наносит моральный и материальный ущерб как самому работнику, так и экономике в целом.

Орловский государственный аграрный университет ведет базу данных «Травматизм со смертельным и тяжелым исходом в АПК Российской Федерации», которая зарегистрирована в реестре баз данных ФИПС РФ 10 июня 2011 года [4].

База данных включает в себя информацию о несчастных случаях с тяжелыми последствиями за период с 1995 по 2012 годы и позволяет проводить ретроспективный анализ возникновения несчастных случаев при выполнении работ в сельском хозяйстве, в том числе в его отраслях.

Было установлено, что в растениеводстве чаще других травмируются трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства, доля несчастных случаев с участием которых составила 58,0 % от общего числа рассматриваемых инцидентов, а также подсобные рабочие – 10,7 %, водители автомобилей – 6,3 %, слесари-ремонтники – 2,6 %, полеводы – 1,9, машинисты зерноочи-

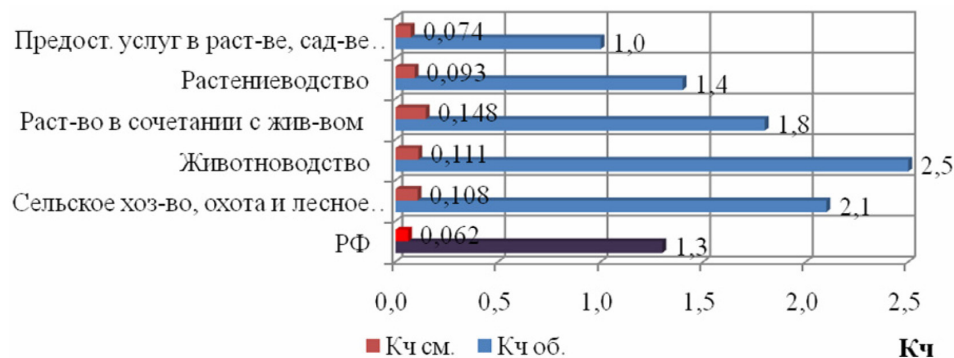


Рисунок 1. – Уровень общего травматизма и травматизма со смертельным исходом в отраслях сельского хозяйства РФ в 2016 году

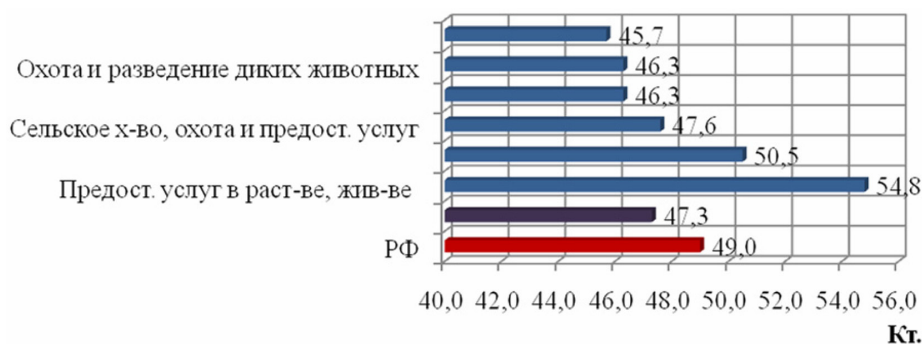


Рисунок 2. – Коэффициент тяжести несчастных случаев в отраслях сельского хозяйства

стительных машин – 1,8 %, агрономы и руководители организаций. Поскольку бóльшая часть несчастных случаев связана с эксплуатацией и обслуживанием тракторов и комбайнов, основными ситуациями травмирования работников были захваты вращающимися и движущимися узлами и деталями тракторов, комбайнов и агрегируемых машин, транспортные происшествия и удары инструментом при ремонте техники, а также захваты и удары при обслуживании стационарных машин при послеуборочной обработке урожая [5]. Среди технологических процессов к наиболее опасным по количеству пострадавших следует отнести: уборку урожая комбайнами, вспашку, боронование и посев сельхозкультур, кошение трав и силосных культур, подбор валков, сволакивание сена, соломы, скирдование, стогование.

Почти в 90 % несчастных случаев источниками травмирования работников явились гусеничные и колесные тракторы, при этом в момент несчастного случая 73,4 % тракторов находились в агрегате с сельскохозяйственными прицепными и навесными машинами. Чаще всего несчастные случаи происходили на тракторах, находящихся в агрегате с плугами, боронами, культиваторами, сеялками, машинами для внесения удобрений [6]. В процессе анализа были установлены следующие неисправности техники и машинно-тракторных агрегатов, послужившие причиной несчастного случая: неисправность или отсутствие ограждений карданных валов прицепных сельскохозяйственных машин, неисправность или отсутствие ограждений движущихся и вращающихся узлов и деталей тракторов и комбайнов, неисправность или отсутствие блокирующих устройств, неисправность тормозов у мобильной машины, прицепа или прицепной машины. Среди неисправностей стационарных машин и оборудования причинами несчастных случаев чаще всего являлось отсутствие ограждений движущихся и вращающихся узлов и деталей.

Анализ данных показывает, что производственная деятельность тракториста-машиниста сопряжена с проявлением как опасностей, свойственных всем отраслям производства и соответствующих ГОСТ 12.0.003–2015, – первая группа опасностей, так и специфических опасностей, присущих только средствам механизации и технологическим процессам растениеводства – вторая группа опасностей [7].

К первой группе были отнесены такие опасности:

- движущие машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- расположение рабочего места на высоте относительно опорной поверхности (земли, площадки).

Ко второй группе мы отнесли опасности, выявленные в процессе анализа материалов расследования несчастных случаев со смертельным и тяжелым исходом, а именно:

- отсутствие или неисправность системы запуска двигателя из кабины;
- отсутствие или неисправность блокировочного устройства пуска двигателя при невыключенной передаче;
- неисправность тормозной системы;

- неисправность муфты сцепления;
- неисправность системы рулевого управления;
- неисправность или отсутствие осветительных и контрольных приборов;
- отсутствие или неисправность реверса рабочих органов, подверженных забиванию технологическим продуктом;
- отсутствие на тракторах автоматических или полуавтоматических тягово-сцепных устройств для агрегатирования прицепных машин, тракторных прицепов и сельхозорудий;
- отсутствие, неисправность или несоответствие эргономическим требованиям средств доступа на рабочее место;
- отсутствие устройств или приспособлений для предотвращения попадания технологического продукта и растительных остатков на поверхности теплообмена элементов радиаторов системы охлаждения на элементы выпускной системы отработавших газов двигателя;
- аварийное рассоединение узлов крепления шаровых опор механизма подъема платформы тракторных прицепов в результате износа сопрягаемых элементов;
- отсутствие заземления самоходных зерноуборочных комбайнов, корпусов электрифицированных машин и оборудования позиционного действия (передвижные зерноочистительные машины, зернопогрузчики);
- скользкие опорные поверхности машин из-за скопления отходов обрабатываемой культуры или подтекания топлива.

К числу факторов, играющих определяющую роль в реализации опасных ситуаций в травму, следует отнести:

- использование машин, оборудования, инструмента не по прямому назначению или в неисправном состоянии;
- несоблюдение требований инструкций по охране труда, технических описаний и руководств заводов-изготовителей средств механизации;
- выполнение работ под поднятыми на высоту составными частями машин;
- разгерметизация гидросистем механизмов подъема грузовых платформ, рабочих органов, навесных машин и орудий без установки под ними прочных опорных страховочных конструкций;
- использование тракторов на транспортных работах без подключения системы тормозов прицепа к тормозной системе трактора;
- устранение технологических и технических отказов при работающем двигателе трактора или комбайна;
- использование случайных предметов в качестве опор и подставок при выполнении ремонта машин.

По данным региональных инспекций труда, в 2016 году основным видом несчастных случаев с тяжелыми последствиями в сельском хозяйстве оставалось воздействие на работника движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей машин, в результате чего погибли или были тяжело травмированы 34,4 % пострадавших, причем количество пострадавших в подобных обстоятельствах возрастает.

Такая ситуация характерна и для других стран мира. Так, в Канаде были проанализированы 106 отчетов из провинции Квебек о происшествиях, связанных с движущимися частями машин, для выяснения причин, вызывающих эти несчастные случаи. Было установлено, что движущиеся части машин по-прежнему вызывают много серьезных травм и гибель людей. Основными причинами этих происшествий являются легкий доступ к движущимся частям оборудования, отсутствие охраны, отсутствие процедур блокировки, неопытность рабочих, отсутствие оценки рисков, а также отсутствие контроля и четких инструкций [8]. В настоящее время сотни заводов выпускают с конвейеров высокотехнологичные машины для обработки почвы, ухода за посевами и уборочную технику (кормоуборочные комбайны, тракторы и другие современные средства механизации). Инновационное оборудование и техника для сельского хозяйства значительно облегчают тяжелый физический труд, делая работу более эффективной. Однако без соблюдения требований охраны труда невозможно полностью достичь желаемого эффекта.

Литература

1. Условия труда в АПК – фактор риска травматизма и заболеваемости работников: технические решения и профилактика / Н. С. Студенникова [и др.]. – Орел: ООО ПФ «Картуш», 2017. – 350 с.
2. Hyder, A. A. The Increasing Burden of Injuries in Eastern Europe and Eurasia: Making the Case for Safety Investments / A. A. Hyder, A. Aggarwal // Health Policy. – 2009. – Vol. 89. Iss. 1. – Pp. 1–13.
3. Driscoll, T., Fingerhut M. Occupational Death / Injury Rates // Reference Module in Biomedical Sciences, from International Encyclopedia of Public Health. – 2008. – P. 627–638. – Current as of 14 March 2014.
4. База данных «Травматизм со смертельным и тяжелым исходом в АПК Российской Федерации» (свидетельство о государственной регистрации № 2011620431) / И. В. Гальянов, Н. С. Студенникова, В. И. Савкин; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет». – Зарегистрировано в реестре баз данных 10 июня 2011 года.
5. Гальянов, И. В. Травматизм с тяжелыми последствиями при ремонте и сервисном обслуживании машин и оборудования в АПК / И. В. Гальянов, Н. С. Студенникова // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса: материалы 67-й междунар. науч.-практ. конф. – Рязань, 2016. – Ч. 2. – С. 128–133.
6. Гальянов, И. В. Виды и причины несчастных случаев с тяжелыми последствиями в сельском хозяйстве и основные направления их предупреждения / И. В. Гальянов, Н. С. Студенникова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – Вып. 27. – С. 47–60.
7. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003–2015. – Введ. 9.06.2016. №602-ст. Дата введения: 1 марта 2017 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/62075>. – Дата доступа: 06.07.2017.
8. Chinniah, Yuvin. Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery / Yuvin Chinniah // Safety Science. – June 2015. – Vol. 75. – Pp. 163–173.

УДК 004.4:6315

Поступил в редакцию 23.08.2017
Received 23.08.2017

В. Я. Гольтыпин, к. т. н.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»),
п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: golwol@mail.ru*

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Выполнен анализ мобильных приложений и их возможностей при использовании в сельском хозяйстве. Показано, что круг решаемых с их помощью задач разнообразен, в том числе обеспечиваются потребности ведения точного земледелия.

Ключевые слова: мобильное приложение, смартфон, телеметрическая система, навигация, точное земледелие, настройка, справочник, поле, карта.

V. Ya. Gol'tyapin

*Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex»
(Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: golwol@mail.ru*

CAPABILITIES OF APPLICATIONS FOR MOBILE DEVICES IN AGRICULTURE

The analysis of mobile applications and their capabilities when using in agriculture was carried out. It was illustrated that the range of problems solved with their help was diverse and, among other things, met the needs of precision farming.

Keywords: mobile application, smartphone, telemetry system, navigation, precision agriculture, setting, directory, field, map.

Продолжающееся совершенствование мобильных устройств (мобильных телефонов, смартфонов, планшетов и др.) привело к созданию и использованию приложений для решения различных задач, в том числе в сельском хозяйстве. Они разрабатываются в основном на базе мобильных операционных систем iOS (компания Apple), Android (компания Google) и WindowsPhone (компания Microsoft). Эти приложения пользователи могут приобрести в интернет-магазинах приложений соответственно App Store, Google Play Store и Windows Phone Store. Сегодня «умный» телефон стал не только средством связи, развлечением, но и эффективным ассистентом агронома, инженера, зоотехника или руководителя хозяйства. В самом простом варианте смартфон является справочником, который всегда под рукой. Круг решаемых задач с помощью мобильных устройств разнообразен и обеспечивает в том числе потребности ведения точного земледелия, среди которых: информация о составе почвы, границах поля, урожайности и эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, настройках машин, их местоположении, навигация при выполнении работ и др. [1].

Мобильное приложение телеметрической системы AGCOMMAND компании Claas – это комплексное беспроводное информационное решение, дающее фермерам и дилерским центрам доступ к текущим данным о состоянии техники. Благодаря 13 новым параметрам к основному пакету телеметрических услуг, включая специальные функции контроля работы пресс-подборщика, система управления парком выходит на новый уровень, помогая пользователю еще более эффективно применять технику. Телеметрическая система AGCOMMAND предлагается в качестве опции для тракторов, уборочной техники, машин для внесения удобрений, а также для сервисных автомобилей. Возможности мобильного приложения: уникальная интегрированная функция метеолокатора, определяющего погодные условия в местах работы техники; пошаговое управление техникой из текущего местоположения пользователя приложения; история перемещения техники и ее технические показатели; возможность сравнения показателей нескольких единиц техники; заданные пользователем оповещения от автомобилей и техники.

С помощью нового приложения CEMOS Advisor компании Claas оператор зерноуборочного комбайна, изменив настройки, может предотвратить потери зерна и другие проблемы, которые часто связаны с некорректной регулировкой и эксплуатацией комбайна. Приложение разработано для смартфонов (рисунок 1) и используется для управления комбайнами серии Lexion, Tucano и Avero.

Работа приложения основана на предоставлении пошаговых инструкций для оператора по изменению настроек машины. Приложение не просто помогает оптимизировать работу комбайна и повысить его производительность в конкретных условиях уборки, но и одновременно обучает водителя, улучшая его знания по настройкам комбайна и повышая опыт эксплуатации в конкретных полевых условиях. При успешном изменении настроек комбайна их можно сохранить в приложении и использовать в дальнейшем. Кроме того, с помощью программы можно легко оценить потери зерна. Вводя различные значения, оператор может с высокой точностью определить потери и минимизировать их.

Компания Mitas разработала мобильное приложение, помогающее фермерам подобрать правильное давление в шинах мобильной сельскохозяйственной техники. Фермерам нужно просто выбрать размер шин, которые они используют, настроить скорость и вес груза, и нужное давление в шинах тут же отобразится на экране. Интерфейс приложения также позволяет фермерам выбрать шины из списка доступных размеров шин, выпускаемых компанией Mitas.

Мобильное приложение «Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» предназначено для установки на смартфоны, планшеты и компьютеры MAC под управлением операционной системы iOS. Оно постоянно обнов-

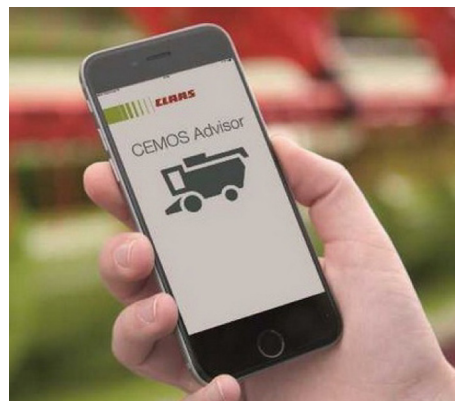


Рисунок 1. – Вид экрана приложения CEMOS Advisor

ляется и содержит актуальный перечень пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения в Российской Федерации, и основные регламенты применения пестицидов и агрохимикатов. С помощью приложения справочника сельхозтоваропроизводитель может: осуществлять поиск нужного препарата по различным параметрам, например, действующее вещество, культура, вредный объект и т. д.; проводить быстрый поиск по ключевым словам; получать дополнительную информацию по некоторым препаратам; получать через интернет новую информацию по препаратам, а также по вышедшим дополнениям и изменениям; работать со скачанной базой без подключения к интернету; узнавать справочную информацию; получать техническую поддержку.

Мобильное приложение «Справочник пестицидов» представляет собой электронный справочник (рисунок 2). Для удобства работы программа разделена на разделы: справочник по гербицидам; справочник по пестицидам; справочник по фунгицидам, справочник по действующему веществу.

Мобильное приложение «Дневник агронома», разработанное ООО «Агрокультура» – простая программа для ведения электронной книги истории полей севооборотов. Позволяет работать с электронной картой полей, вести историю размещения культур, дневник технологических операций и видеть расход материалов на каждом поле. Работа с приложением возможна как в однопользовательском, так и многопользовательском режимах. При работе в облаке экономится время на обмен информацией между сотрудниками, работающими на полях и в офисе.

Мобильное приложение ООО «Агрокультура» «Расчет выноса NPK» позволяет рассчитывать вынос азота, фосфора, калия и серы сельскохозяйственными культурами по материалам любого из пяти справочников на выбор пользователя.

Мобильное приложение eFarmer – программа для сельского хозяйства, которая позволяет создавать электронную карту полей и вести историю выращивания культур. Обеспечивает сохранение данных в облаке, создание отчетов об использовании материалов, отправку данных по email.

Agri Precision – Agriculture – мобильное приложение для разбивки и фиксирования точек с GPS привязкой на поле, где проводится какое-либо исследование, наблюдение, отбор проб или образцов. Позволяет нарисовать границу поля на Google картах путем объезда контура поля на автомобиле либо прорисовкой вручную и показывает его площадь; разбить поле на точки отбора проб с сеткой от 1 га. Служит навигатором до выбранной точки и показывает расстояние до нее, сохраняет границу поля и точки в формате gpx.

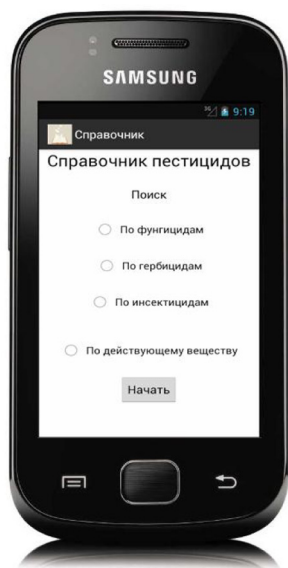


Рисунок 2. – Вид экрана приложения «Справочник пестицидов»

Компания «ЦентрПрограммСистем», выпустив пятую версию геоинформационной системы «ЦПС: АгроУправление», усовершенствовала ее мобильную версию для агронома – мобильное приложение «мАгроУправление Плюс», в том числе изменив графический интерфейс приложения. Приложение специально разработано в качестве информационного помощника в поле и опробовано в реальных полевых условиях специалистами аграрных компаний. Отличается простотой управления, наличием картографической информации и базы данных, которые автоматически подгружаются из основной системы. Включает в себя два интегрированных модуля: работу с картами и «Дневник агронома» (база данных агрономической информации).

Фирма Bayer совместно с компанией Digital Farming запустили мобильное приложение WeedScout, которое способно распознавать основные виды сорняков по фотографиям, сделанным с помощью смартфона. Это позволяет идентифицировать сорняки на начальных стадиях их развития, в период, когда их легче контролировать, а также более точно и быстро принимать решения. В таблице 1 приведены описание и возможности наилучших зарубежных приложений для сельского хозяйства для 2017 г. [2].

Таблица 1. – Назначение и возможности мобильных приложений

Название приложения (фирма-разработчик)	Назначение и возможности
GrainTruckPlus (John Deere)	Помогает управлять парком техники по уборке урожая зерновых от поля до элеватора. Обеспечивает информацией о местонахождении зерноуборочных комбайнов, автомашин, находит предпочтительные элеваторы и просматривает обстановку на них, включая контактную информацию, направления, время ожидания.
Nutrient ROI Calculator 2.0 (Potash Corp)	Калькулятор для расчета доходов и урожайности с.-х. культур от инвестиций на питание растений.
Sirrus Premium (SST Software)	Оказывает агрономам и фермерам помощь в совместной работе по вопросам ведения хозяйства, делая полевые данные доступными и удобными для сбора. Содержит этикетки для продукции, паспорт безопасности, лист паспортных данных сортов, отчеты с рекомендациями и модернизированный редактор рекомендаций.
iSOYLscout (SOYL)	Используется для фиксации характеристик урожая и засоренности посевов, а также любого другого явления, которое необходимо обнаружить в хозяйстве. К каждой точке можно добавить примечания и фотографии. Обеспечивается беспроводная передача данных между полем и офисом.
AgVault 2.0 Mobile (Sentera)	Управляет полетом беспилотного летательного аппарата (БПЛА) над полями пользователя. БПЛА запускается из программного приложения, совершает автономный полет по предварительно заданному маршруту и автоматически возвращается по завершении задания.
AgriSync (AgriSync Inc.)	Дает возможность фермерам и консультантам через видеосвязь связываться между собой и решать вопросы поддержки на ферме. Фермеры могут связываться с несколькими консультантами из разных компаний. Консультанты могут оперировать несколькими запросами через персональную панель мониторинга и удаленную видеосвязь, обеспечивающими просмотр того, что фермер наблюдает в реальном масштабе времени.
Yara ImageIT (Yara International)	Рассчитывает потребление азотных удобрений, используя фотографии листового покрова и доли коричневых листьев. Кроме индикации нормы вносимых азотных удобрений для получения оптимального урожая и качества посевов, приложение дает рекомендации по удобрениям с использованием продукции, предпочтительной для фирмы Yara.
Pocket Rain Gauge (Agrible)	Предоставляет оперативные данные измерений количества осадков по конкретному месту. Для получения итогов по данным измерений количества осадков по всем участкам, привязанным к учетной записи, следует войти в Morning Farm Report (утренний отчет по фермам). Данные обновляются каждый час и отражают состояние за последние 24 часа.
FARMapper (McFinney Agri-Finance)	Позволяет пользователям составлять карты фермерских хозяйств, хранит их в облаках для совместного использования с настольного компьютера и с мобильных устройств. Создает детальное изображение любой выбранной точки, можно строить нестандартные многоугольники с помощью инструментов рисования. Помогает фермерам отслеживать права на водопользование, полосы отчуждения и записи по ирригации.
Ohio State PLOTS (Университет штата Огайо, США)	Дает возможность производителям сельхозпродукции, консультантам и другим организациям сравнивать эффективность различных управленческих решений и определять наилучший план управления перед наращиванием финансовых или трудовых ресурсов.
ID Weeds (Университет штата Миссури, США)	В приложении содержится детальная информация по более чем 400 видам сорняков. Приложение дает возможность идентифицировать сорняки, выбирая из раскрывающихся списков характеристики растений. Пользователи также могут осуществлять поиск сорняков по научному или общему наименованию или выбирать их из алфавитного списка всех сорняков.

Литература

1. Федоренко, В. Ф. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве: науч. аналит. обзор. / В. Ф. Федоренко, В. Я. Гольяпин, Л. М. Колчина. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 156 с.
2. 17 Agriculture Apps That Will Help You Farm Smarter In 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.croplife.com/editorial/17-agriculture-apps-that-will-help-you-farm-smarter-in-2017/>. – Дата доступа: 06.07.2017.

В. К. Клыбик, к. т. н., доц., **И. С. Пылило**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: Labts@mail.ru*

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА ДИНАМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЗЫ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Предложена конструктивно-технологическая схема макетного образца установки для дифференцированного внесения минеральных удобрений.

Ключевые слова: конструктивная схема, минеральные удобрения, рабочий орган, заслонка, регулирование дозы, макетный образец, высевая катушка.

V. K. Klybik, I. S. Pylylo

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Republic of Belarus
e-mail: Labts@mail.ru*

THE CONSTRUCTIVE DIAGRAM OF THE DEVICE OF DYNAMIC REGULATION OF THE MINERAL FERTILIZERS DOSE

The constructive-technological scheme of the prototype of installation for differentiated application of mineral fertilizers is proposed.

Keywords: constructive scheme, mineral fertilizer, the working body, valve, adjusting the dosage, model sample, seeder coil.

Согласно данным статистики, в среднем в год в республике вносится около 2 млн *t* минеральных удобрений. Как видим, в совокупности – это огромный, причем быстрокупаемый, высокоэффективный ресурс, который, надо признать, используется пока недостаточно эффективно, так как окупаемость 1 *кг* минеральных удобрений (NPK) зерном в последние годы колеблется в среднем от 4,5 до 5,5 *кг* при потенциальной возможности 8–10 *кг* [1].

Освоение новых технологий, предусматривающих дифференцированное внесение минеральных удобрений и известковых материалов с учетом ранее накопленных в почве питательных веществ, невозможно без разработки и освоения производства отечественных базовых машин с регулируемыми дозаторами, приспособленными к автоматическому управлению ими. Оснащение этих машин системами управления на базе микропроцессорных электронных систем позволит полностью автоматизировать процесс.

Экономическая эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений, по опыту зарубежных стран, лишь по показателям экономии удобрений составляет 10–20 %.

Проведенные исследования показали, что в настоящее время самыми распространенными в мире распределяющими рабочими органами машин для внесения минеральных удобрений являются вращающиеся диски и штанги.

Центробежно-дисковые рабочие органы отличаются надежностью в работе и простотой в обслуживании. Однако они характеризуются высокой неравномерностью внесения удобрений по ширине захвата, которая при эксплуатации центробежных разбрасывателей может достигать до ± 20 % от заданной нормы внесения.

В машинах с центробежно-дисковыми рабочими органами регулировка дозы внесения удобрений осуществляется с помощью перемещения заслонки дозирующего устройства. Однако такое устройство позволяет регулировать дозу внесения целиком всей машины и при использовании в системе точного земледелия не позволяет в зависимости от пестроты параметров плодородия менять дозу внесения по ширине захвата.

На практике обеспечить неравномерность внесения твердых минеральных удобрений, определяемую коэффициентом вариации до 10 %, возможно только штанговыми машинами с катушечными распределяющими устройствами. В таких машинах регулирование дозы внесения минеральных удобрений осуществляется путем изменения частоты вращения катушек и подающего шнека. Преимуществом такой машины является высокая равномерность распределения минеральных удобрений по поверхности поля и возможность изменения нормы высева по ширине захвата машины, что упрощает ее адаптацию под нужды точного земледелия.

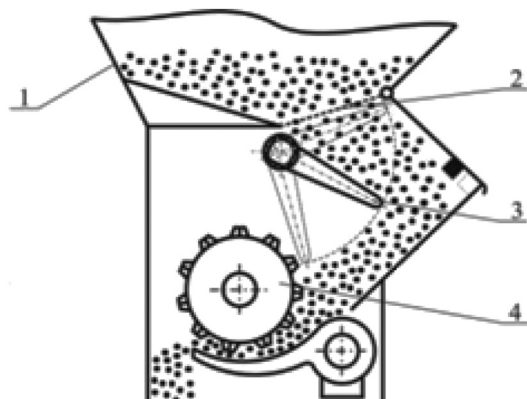
Для автоматического изменения дозы внесения удобрений нужны высокоадаптивные, но несложные по конструкции высевающие устройства, способные менять дозу внесения с определенным быстродействием. Наиболее полно этим требованиям отвечает устройство, имеющее катушку с лопастными штифтами, в котором управление подачей материала можно обеспечить путем изменения частоты вращения катушки и площади высевного окна.

В процессе поисковых исследований были рассмотрены высевающие аппараты с возможностями изменения дозы внесения за счет вращающейся заслонки [2] (рисунок 1) и шиберной заслонки [3] (рисунок 2).

Высевающий аппарат с вращающейся заслонкой состоит из бункера 1, высевного окна 2, вращающейся заслонки 3 и высевающей катушки 4. Регулирование дозы внесения данным аппаратом происходит за счет вращения заслонки 3 – чем больше угол открытия, тем больше доза. Недостатком данного решения является необходимость приложения для быстрого закрытия заслонки большого усилия для перемещения сыпаемого удобрения обратно в бункер, а также длительное время перехода с большой дозы на малую по причине необходимости высева накопившегося в предкатушечном пространстве удобрения.

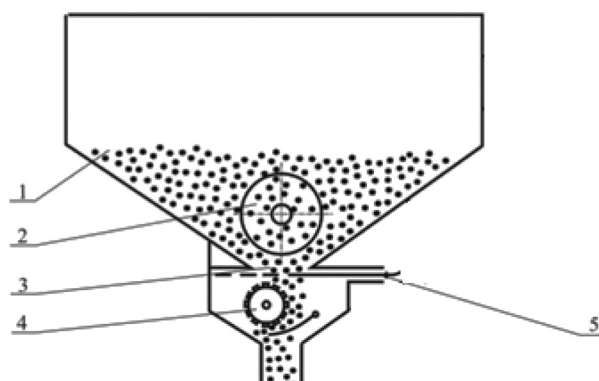
Высевающий аппарат с горизонтальной шиберной заслонкой состоит из бункера 1, сводоразрушителя 2, высевного окна 3, высевающей катушки 4 и шиберной заслонки 5. Регулирование дозы внесения минеральных удобрений происходит за счет перекрытия шиберной заслонкой высевного окна. Недостатком данной конструкции является невозможность регулировки во всем диапазоне доз внесения удобрений. При малых дозах вносимого удобрения (от 10 до 70 кг/га) заслонка практически полностью перекрывает высевное окно, что приводит к периодическому прекращению истечения удобрений из бункера и снижению равномерности. Поэтому необходимо дополнительно регулировать дозу внесения удобрений путем уменьшения частоты вращения высевающей катушки с 20 до 9 мин⁻¹.

В результате проведенных исследований предложена конструктивно-технологическая схема макетного образца установки для дифференцированного внесения минеральных удобрений (рисунок 3), позволяющая регулировать дозу вносимых удобрений за счет изменения частоты вращения высевающей катушки и перемещения шиберной заслонки.



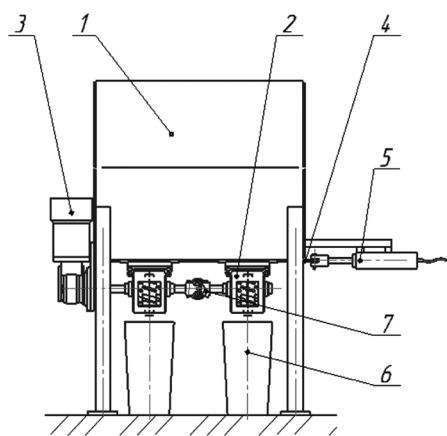
1 – бункер; 2 – высевное окно; 3 – вращающаяся заслонка; 4 – катушка

Рисунок 1. – Высевающий аппарат с вращающейся заслонкой



1 – бункер; 2 – сводоразрушитель; 3 – высевное окно; 4 – катушка; 5 – шиберная заслонка

Рисунок 2. – Высевающий аппарат с горизонтальной шиберной заслонкой



1 – бункер; 2 – катушка;
3 – привод катушек; 4 – заслонка;
5 – привод заслонки 6 – емкости для сбора
удобрений; 7 – карданный вал

Рисунок 3. – Конструктивно-технологическая схема макетного образца

Конструктивно-технологическая схема макетного образца для отработки технологии дифференцированного внесения минеральных удобрений состоит из бункера 1 для удобрений, высевающих катушек 2 с приводом 3, позволяющих бесступенчато регулировать скорость вращения, заслонок 4 с приводом 5, позволяющих ступенчато перекрывать часть катушки при малых дозах внесения минеральных удобрений, емкости для сбора удобрений 6 и карданного вала 7, передающего крутящий момент на высевающие катушки и позволяющего отключать одну из катушек (см. рисунок 3).

Выявлено, что для работы в условиях автоматического изменения дозы внесения удобрений в системе точного земледелия нужны высокоадаптивные, но несложные по устройству высевающие аппараты, способные в зависимости от пестроты параметров плодородия менять дозу внесения с определенным быстродействием.

В результате проведенных исследований предложена конструктивно-технологическая схема макетного образца установки для дифференцированного внесения минеральных удобрений, позволяющая в зависимости от заданных параметров изменять дозу вносимых удобрений за счет изменения частоты вращения высевающей катушки и перемещения шиберной заслонки, измерять быстродействие изменения дозы удобрений, а также отключение одной из секций.

Литература

1. Степук, Л. Я. Технические, экономические и организационные аспекты дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, Т. Ф. Персикова // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2011 г.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2011. – Т. 1. – С. 67–78.
2. Комбинированная сеялка: пат. 23056 РК / С. О. Нукешев. – Оpubл. 15.11.2010 // Промышленная собственность. Официальный бюллетень / Нац. институт интеллектуал. собственности М-ва юстиции Респ. Казахстан. – 2010. – № 11. – 4 с.: ил.
3. Комбинированная сеялка: пат. 19960 РК / С. О. Нукешев; опубл. 16.05.2011 // Промышленная собственность. Официальный бюллетень / Нац. институт интеллектуал. собственности М-ва юстиции Респ. Казахстан. – 2011. – № 5. – 4 с.: ил.

УДК 659.15

Поступил в редакцию 23.08.2017
Received 23.08.2017

О. В. Кондратьева, к. э. н., **Н. В. Березенко**, ст. н. сотр., **О. В. Слинько**, ст. н. сотр.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»), п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: inform-iko@mail.ru*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются основные направления научно-информационного обеспечения инновационного развития в сфере сельского хозяйства, реализуемые ФГБНУ «Росинформагротех» Минсельхоза России. Приведены методы информационного обеспечения агропромышленного комплекса с применением интеллектуальных информационных ресурсов (ИР): баз данных, интернет-технологии, сайта. Использование ИР позволяет прово-

дить поиск, представлять данные в различных форматах, осуществить отбор, анализ, поэтапное внедрение инновационных технологий. Отмечается, что использование интеллектуальных современных информационных систем способствует инновационному развитию АПК, повышению эффективности сельскохозяйственного производства, продвижению инновационных разработок в научно-информационном управлении в сфере сельского хозяйства.

Ключевые слова: базы данных, информационные технологии, интернет, инновации, информационные системы, мониторинг, распространение, внедрение, интеллектуальные информационные ресурсы.

O. V. Kondratyeva, N. V. Berezenko, O. V. Slinko

*Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex»
(Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: inform-iko@mail.ru*

IMPROVEMENT OF INFORMATION SUPPORT OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX WITH APPLICATION OF INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS

The main directions of scientific information support of innovative development in the sphere of agricultural industry which are carried out by Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh» of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation are considered. Methods of information support of agro-industrial complex with application of the intellectual information resources (IR) are given: databases, Internet technology, website. Use of IR allows to carry out search, to submit data in various formats, to carry out selection, the analysis, stage-by-stage introduction of innovative technologies. For the purpose of effective providing governing bodies of agrarian and industrial complex, scientists and experts about innovations and the advanced know-how, it is noted that use of intellectual modern information systems promotes innovative development of agrarian and industrial complex, increase in efficiency of agricultural production, advance of innovative developments in scientific and information management in the sphere of agricultural industry.

Keywords: databases, information technologies, Internet, innovations, information systems, monitoring, distribution, introduction, intellectual information resources.

Мировой опыт показывает, что эффективное использование аграрного научно-технического потенциала в значительной степени зависит от формирования оперативной информации о научных достижениях и конкретных инновациях, полученных в результате научно-технической деятельности по комплексу технических, технологических, биологических и иных вопросов развития сельского хозяйства и функционирования его предприятий и организаций.

Управление агропромышленным комплексом строится на актуальной аналитической информации, статистических данных, анализе экономической ситуации в отрасли.

Информатизация АПК является стратегической задачей развития аграрного производства и его инновационного развития. Средства автоматизации создают необходимую материально-техническую базу, которая способна влиять на распространение знаний за счет электронной фиксации и общей автоматизации информационных процессов. Основными современными направлениями развития информационных технологий в сельском хозяйстве являются точное земледелие, геоинформационные и интеллектуальные системы агромониторинга, системы поддержки принятия решений. Политика государства направлена на формирование единого информационного пространства, которое представляет собой совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования телекоммуникационных систем и сетей [1].

С целью эффективного обеспечения органов управления АПК, ученых и специалистов информацией об инновациях и передовом производственном опыте, принятия обоснованных решений по индустриально-технологической модернизации сельскохозяйственного производства на базе новейших отечественных и зарубежных технологий и техники ФГБНУ «Росинформагротех» Минсельхоза России осуществляет научно-информационное обеспечение инновационного развития в сфере сельского хозяйства, создавая информационные ресурсы, общую коммуникационную среду и информационное пространство в инженерно-технической системе АПК, применяя современные информационные технологии и другие компоненты инфраструктуры научно-технической информации [2].

В ФГБНУ «Росинформагротех» решены многие задачи по конвергенции электронных ресурсов для формирования специализированных баз данных с возможностью доступа к полнотекстовым документам.

Наиболее значимые информационные ресурсы направлены на обеспечение следующих важных задач:

- прогнозирования развития сельскохозяйственной науки и техники;
- экспертизы принимаемых научно-технических, экономических, организационных и других инновационных решений;
- использования информационного базиса для реализации научно-технической и инновационной политики в АПК;
- комплексного информационного обслуживания инновационной деятельности (исследования, разработки, испытания, выпуск и освоение инноваций);
- оценки технического уровня продукции;
- маркетинговой деятельности по выпускаемой и новой продукции.

Важным условием создания и совершенствования системы научно-информационного обеспечения инновационного развития сельского хозяйства, использования новых знаний при разработке и внедрении инновационных технологий, повышения конкурентоспособности отечественного сельскохозяйственного производства является развитие информационных технологий, создание удаленных интернет-сервисов поиска и получения данных, использование современных средств автоматизации обработки информации.

Например, открытый доступ к БД «Наилучшие доступные технологии в АПК» («НДТ в АПК») осуществлен с использованием ПО «Web-ИРБИС», обеспечивающего интеграцию с библиографическими БД, подготовленными в среде «ИРБИС».

Использование ПО «Web-ИРБИС» позволяет:

- проводить поиск в БД, имеющей структуру ИРБИС, по неограниченному числу полей с применением логики «И», «ИЛИ» и «ФРАЗА ЦЕЛИКОМ», с возможностью определения префиксов и квалификаторов поисковых терминов;
- проводить уточняющий поиск в результатах предыдущего поиска (последовательный поиск) с сортировкой полученных результатов поиска;
- представлять данные в различных форматах.

Технологическая схема использования БД «НДТ в АПК» представлена на рисунке 1.

Основными компонентами схемы являются:

- проведение поиска по различным полям при анализе экспертами сведений о технологиях;
- получение выборок технологий из БД для построения различных перечней, в том числе по направлениям справочников по наилучшим доступным технологиям.

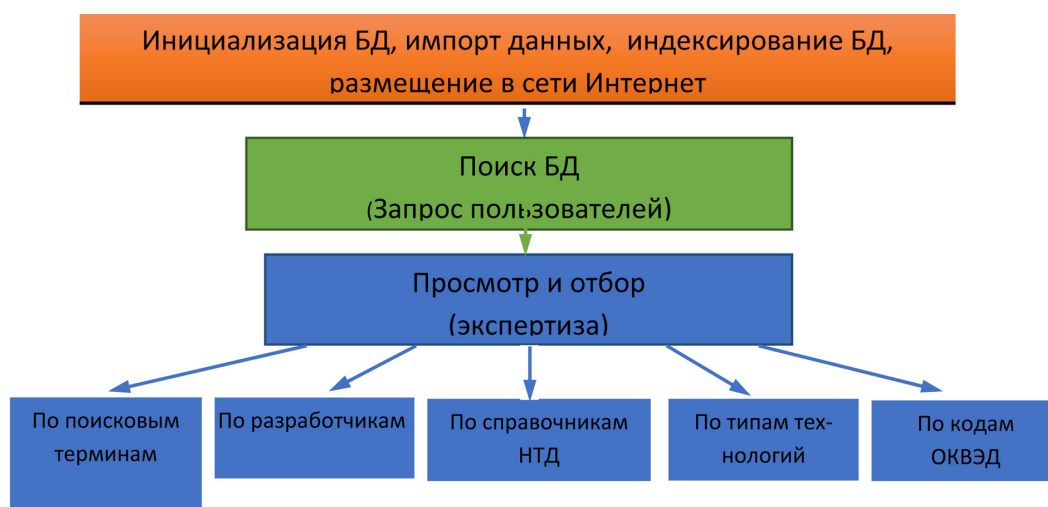


Рисунок 1. – Схема использования БД «НДТ в АПК»

Использование удаленного доступа к БД «НДТ в АПК» позволит предприятиям осуществить отбор, анализ, поэтапное внедрение наилучших доступных технологий, повысить эффективность работы предприятий и обеспечить экологическую безопасность.

Одним из направлений совершенствования представления баз данных в Интернете является функция генерации гиперссылки на полнотекстовый документ, раскрывающий характеристику объекта, описанного метаданными в базах данных. Эта функция успешно применена в электронном каталоге новых изданий (более 500 полнотекстовых копий авторефератов диссертаций по механизации сельского хозяйства) и в базе данных по наилучшим доступным технологиям (полнотекстовые документы описания технологий). Применение разработанных сервисов позволяет пользователю эффективно произвести сложный поиск в базе данных и скачать полнотекстовый документ с расширенной информацией по интересующей его теме [3].

Расширение информационных баз данных – важная исходная информация, удобная для оценки многих систем и знаний о текущем состоянии хозяйств, а также прогнозирования результатов реализации различных сценариев. Знания, накопившиеся в сельскохозяйственных исследованиях за много лет, должны быть применены для получения полезной информации путем маркетинговой обработки баз данных. Это означает, что информационные технологии – важный источник для реализации научно-исследовательских разработок [4].

Важным элементом инновационного процесса является мониторинг использования и внедрения инноваций. Мониторинг информационных потребностей специалистов, установление с ними обратной связи позволяют упорядочить функционирование единой информационной системы (ЕИС) об инновациях и передовом производственном опыте в различных областях АПК.

Одним из эффективных инструментариев маркетинговых исследований является БД «Потребители продукции в АПК», разработанная ФГБНУ «Росинформагротех», позволяющая проводить анализ информационных запросов, выявлять предпочтение и частоту обращений пользователей информации к различным видам информации и тематическим направлениям в АПК. Анализ сведений об информационных пользователях происходит главным образом на статистическом уровне (подсчет) запросов с одновременной количественной и качественной оценкой, обобщением полученных результатов, разработкой вытекающих из результатов выводов, рекомендаций и прогнозов. Такой подход позволяет получить данные о потребителе, удовлетворении его информационной составляющей, дает возможность предположения дополнительных методов маркетинговых исследований. Область и процедура маркетинговых исследований включает комплекс последовательных или частных действий (этапов): разработку концепции исследования (постановку проблемы, определение задач и целей); получение и анализ эмпирических данных (разработку рабочего инструментария, процесс получения данных, их обработку и анализ); формирование основных выводов и оформление результатов исследования в виде научного продукта, информационной БД [5].

Оперативное получение и доступность инновационной, научно-технической, экологической, правовой, экономической и рыночной информации позволяет управлять процессами и обеспечивать мотивирование аграрных товаропроизводителей к принятию обоснованных решений по эффективному ее использованию, содействует научно-технологическому развитию АПК.

Литература

1. Коломейченко А. С. Информационное обеспечение процессов управления в АПК / А. С. Коломейченко // Молодой ученый. – 2017. – № 15.1. – С. 10–12.
2. Федоров, А. Д. База данных как механизм формирования и распространения информации в АПК / А. Д. Федоров, О. В. Кондратьева, Н. В. Березенко, О. В. Слинко // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. – М., 2015. – С. 173–179.
3. Березенко, Н. В. Использование информационных технологий для продвижения инновационных разработок по вопросам инженерно-технического обеспечения АПК / Н. В. Березенко, О. В. Слинко // ИнформАгро-2017: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – С. 236–243.
4. Кондратьева, О. В. Механизмы формирования информационной составляющей для эффективной формы продвижения инноваций в АПК / О. В. Кондратьева, Н. В. Березенко, О. В. Слинко // Научные аграрные библиотеки в современных условиях: проблемы, перспективы, инновации, технологии: междунар. науч. конф. – М.: ЦНСХБ, 2016. – С. 161–169.

5. Кондратьева, О. В. БД «Потребители информационной продукции в АПК» как маркетинговый механизм в исследовании тематических направлений отрасли / О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, Н. В. Березенко, О. В. Слинко // Инновационные технологии в науке и образовании. ИТНО-2016: Сборник научных трудов научно-методической конференции, посвященной проблемам импортозамещения в АПК РФ (г. Ростов-на-Дону – г. Зерноград – п. Дивноморское, 11–17 сентября 2016 г.). – Ростов-на-Дону. – Зерноград: СКНИИМЭСХ. – С. 140–145.

УДК 677.027

Поступил в редакцию 04.08.2017

Received 04.08.2017

Э. В. Новиков^{2,3}, к. т. н., доц., **И. Б. Мясников¹**, ведущий преподаватель,
А. В. Безбабченко², руководитель подразделения

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства»

(ФГБНУ ВНИИМЛ), г. Тверь, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»

(ФГБОУ ВО КГУ), г. Кострома, Российская Федерация

³ОГБПОУ «Костромской энергетический техникум имени Ф. В. Чижова»
(ОГБПОУ «КЭТ имени Ф. В. Чижова»), г. Кострома, Российская Федерация

e-mail: vniiiml@mail.ru; edik1@kmtn.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО КОТЛА НА ЛЬНЯНОЙ КОСТРЕ И ДРУГИХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВАХ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЛЬНОЗАВОДА

Представлены сравнительные исследования газогенераторного котла на различных видах твердого топлива (костре, дровах и угле), предлагаемого для теплоснабжения льнозавода. Определены КПД исследуемого котла при сжигании указанных топлив, показана целесообразность применения льняной костры в газогенераторном котле длительного горения.

Ключевые слова: льнозавод, газогенераторный котел, льняная костра, теплоснабжение, коэффициент полезного действия, теплопроизводительность.

E. V. Novikov^{2,3}, I. B. Mjasnikov¹, A. V. Bezbabchenko²

¹All-Russia Scientific Research Institute of Mechanization Flax Cultivation, Tver, Russian Federation

²Kostroma State University of Technology, Kostroma, Russian Federation

³Regional state donative budgetary professional educational establishment the
Kostroma power technical school of a name of F. V. Tchizhov, Kostroma, Russian Federation

A COMPARATIVE STUDY OF GASIFICATION OF BOILER LINSEED FIRE AND OTHER SOLID FUELS TO ENSURE HEATING OF THE FLAX PLANT

Comparative investigations of gas boiler and linen in various types of solid fuel (fire wood and coal) proposed for the heat supply of the flax plant. The efficiency of the studied boiler while burning the specified fuels and the expediency of the use of producer gas in the boiler long burning flax shive.

Keywords: flax, gasification boiler, linen fire, heat, efficiency, heat output.

Лен как целлюлозосодержащее сырье получает широкое применение не только в текстильной, но и в медицинской, автомобильной, строительной, военной, химической, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности. Это происходит благодаря уникальным свойствам льняного волокна и повышению требований к экологической безопасности среды обитания человека. Поэтому развитие сырьевой составляющей льнокомплекса России остается актуальной проблемой Минсельхоза и Минпромторга России [1, 2].

Наиболее важным показателем конкурентоспособности льнозаводов является себестоимость льноволокна. В калькуляции себестоимости тепловые затраты на производство льноволокна в 2012 году составляли 7,6 % [3], а за период 2014–2016 гг. себестоимость выросла на 93,8 % за счет увеличения цен на энергоресурсы [1, 2].

В настоящее время паровые котлы и вспомогательное оборудование льнозаводов морально устарели, сильно изношены, их коэффициент полезного действия не превышает 70–80 %. Финансовое состояние льнозаводов в большинстве случаев не позволяет осуществить восстановление и модернизацию оборудования, а значит, нет возможности обеспечить достаточное теплоснабжение (водяное отопление цехов, приточно-отопительную вентиляцию, горячее водоснабжение, теплоснабжение сушильных машин) за счет собственной паровой котельной. Кроме того, из опыта некоторых льнозаводов известно, что в настоящее время эксплуатация таких котлов экономически невыгодна.

Отсутствие должного теплоснабжения льнозавода ухудшает условия труда рабочих, повышает заболеваемость и нарушает технологический процесс производства льноволокна. Несомненно, необходимо искать пути обеспечения льнозаводов дешевой тепловой энергией, которая обеспечивала бы рентабельную работу предприятий.

Опыт последнего десятилетия показал, что исследований пиролизных котлов на льняной костре, которая относится к крупнотоннажным отходам при получении льняного волокна [4], очень мало. Для льнозаводов костра является основным видом топлива, она составляет до 60–70 % от всей массы перерабатываемого сырья. Поэтому часть льнозаводов эффективно сжигает льняную костру в паровых котлах ДКВР, КЕ, Е и водогрейных котлах АКМ, КВД и др., а также в теплогенераторах ТВЕу и ТВАК.

Другая часть льнозаводов, фермерских и крестьянских хозяйств после переработки льняной тресты накапливает костру в отвалах, загрязняя территорию предприятия.

Анализ существующих на льнозаводах котлов показал, что альтернативой указанным выше могут быть газогенераторные (пиролизные), твердотопливные, водогрейные котлы длительного горения, производимые в России. В отличие от обычных водогрейных котлов они состоят из цельносварной стальной конструкции, которая, в свою очередь, состоит из двух камер сгорания: камеры газификации и дожигания газов. Это экономичные котлы, так как вторично подвергаются горению дымовые газы, что обеспечивает высокий КПД – до 85 %. Увеличение времени горения (одна закладка может гореть не менее 8 часов) позволяет потреблять меньше топлива. Кроме того, газогенераторные котлы обладают большей автономностью, топливо сгорает полностью, горение можно регулировать, в них меньше сажи и золы, чистить их нужно реже, чем другие котлы на твердом топливе, экологически безопасны, поскольку в дымовых газах практически не содержится вредных веществ. Сжигают эти котлы дрова, опилки, щепу, уголь, солому, пеллеты и др. Например, как заявляют производители, результативность работы газогенераторных котлов длительного горения на дровах значительно выше, чем у обычных котлов прямого горения. Происходит это за счет того, что температура при сгорании древесного газа гораздо выше, чем при обычном сгорании дров. При сгорании топливного газа расходуется меньше вторичного воздуха, что также повышает температуру процесса горения в котле.

Опыт создания газогенераторной установки на одном из льнозаводов в Тверской области имеется, однако опубликованных данных о результатах этой работы нет, освещаются лишь лабораторные исследования [5].

Из вышеизложенного следует, что возможно эффективное применение пиролизных котлов на льнозаводах с кострой льна-долгунца в качестве топлива.

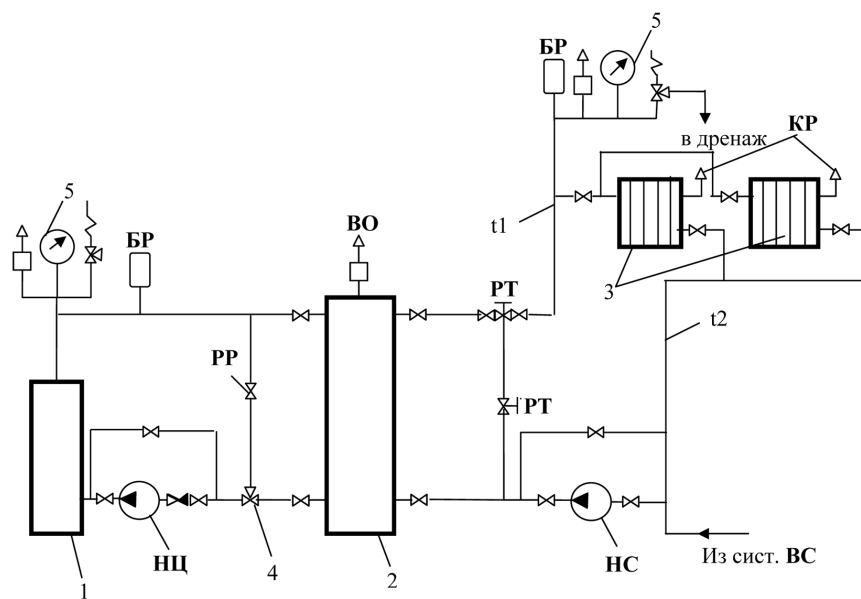
Целью работы является экспериментальное определение производительности котла и его фактического коэффициента полезного действия при сжигании льняной костры и других твердых топлив на основании сравнительных исследований газогенераторного котла.

В качестве газогенераторного котла нами использовался водогрейный котел Lavoro Eco серии C12 (Россия) цельносварной конструкции из жаропрочной котловой стали, состоящий из нескольких камер сгорания: нижней – камеры газификации и верхней – камеры дожигания газов.

Для эксперимента спроектирован и смонтирован исследовательский лабораторный стенд (рисунок 1), состоящий из указанного серийного котла и необходимого вспомогательного оборудования.

Экспериментальный стенд позволяет работать в широких интервалах варьирования параметров сжигания твердых топлив и имеет частотно-регулируемый привод (ЧРП) дымососа.

В качестве топлива использовалась льняная костра с влажностью 12–14 % в массе, взятая из отвала действующего льнозавода, со средним содержанием волокна в костре 19 %. Для сравнения



а



б



в



г

а – принципиальная схема: 1 – котел на твердом топливе Lavoro Eco C12; 2 – бак аккумулятор; 3 – радиаторы алюминиевые усиленные Maranello; 4 – ручной трехходовой вентиль-смеситель; БР – бак расширительный; ВО – воздухоотводчик; ВС – водоснабжение; КР – кран; РР – регулятор расхода; РТ – регулятор температуры; НЦ – насос циркуляционный; б – вид котла; в – вид бака аккумулятора; г – вид радиаторов

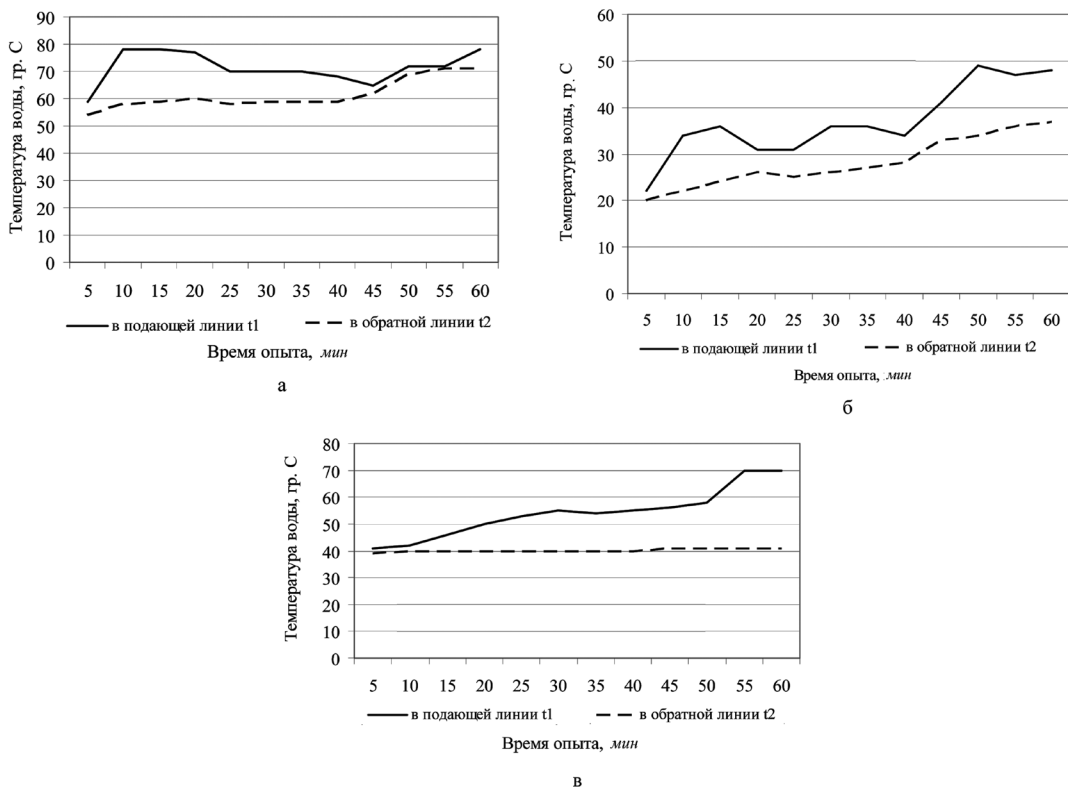
Рисунок 1. – Схема экспериментального стенда с серийным тепловым оборудованием

применены еще два топлива, указанные в рекомендациях завода-изготовителя данного котла: березовые дрова и каменный уголь, первые – диаметром 40–100 мм. Каждого топлива было взято по 5 кг, оно сжигалось в течение одного часа. При этом с использованием приборов замерялись теплотехнические показатели характеристик, далее по расходам теплоносителя расчетным путем определялись теплопроизводительность и КПД котла.

На рисунках 2 и 3 представлены изменения температуры воды в подающей и обратной линиях и теплопроизводительности во время сжигания топлив.

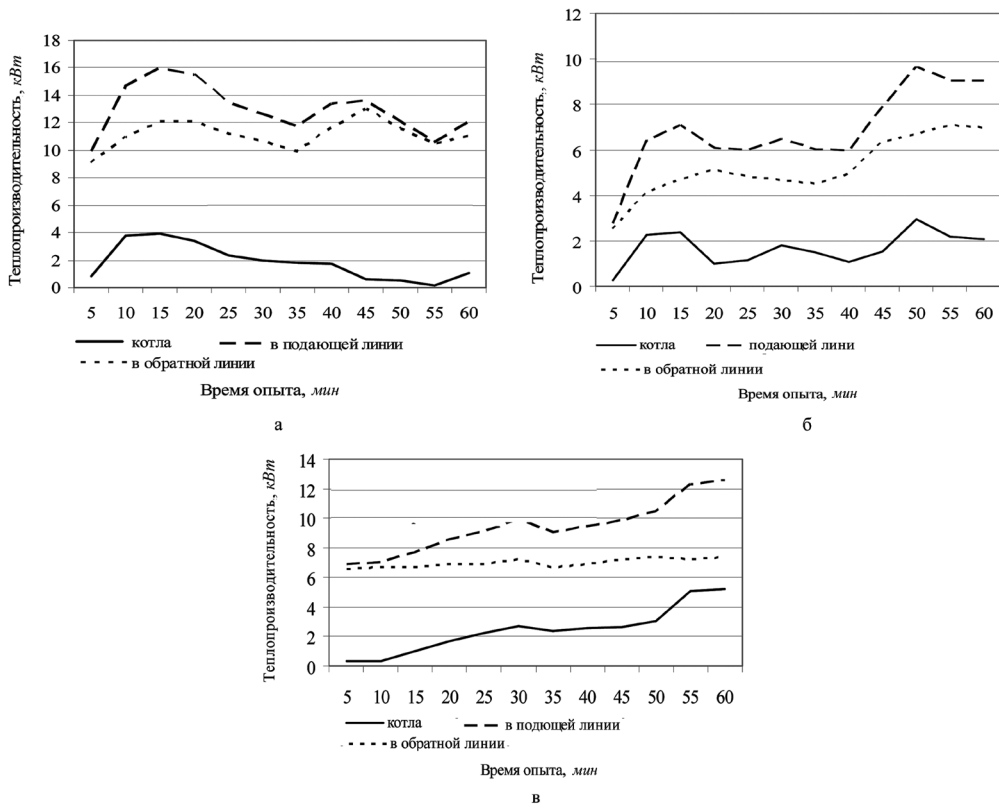
В итоге сравнительные исследования по сжиганию трех твердых топлив в газогенераторном котле марки Lavoro Eco серии C12 показали:

– при сжигании по 5 кг каждого из сравниваемых топлив теплопроизводительность котла за час работы составила в среднем 2,1–2,3 кВт, это говорит о том, что котла в газогенераторном котле дает достаточно высокую теплопроизводительность, не уступая наиболее эффективным топливам, а именно каменному углю и березовым дровам, которые являются одними из самых эффективных топлив при использовании их в других, не в газогенераторных котлах;



а – костра; б – березовые дрова; в – каменный уголь

Рисунок 2. – Изменение температуры воды в трубопроводах при сжигании различных видов твердого топлива



а – костра; б – березовые дрова; в – каменный уголь

Рисунок 3. – Тепловая производительность газогенераторного котла при сжигании различных видов твердого топлива

– коэффициент полезного действия котла составил: на льняной костре 98,8 %; на березовых дровах 91,6 %; на каменном угле 97,6 %.

Можно предположить, что повышенный КПД котла при сжигании костры является следствием полного сгорания топлива в силу быстрого и достаточного доступа окислителя, в результате чего она быстро сгорает.

Из результатов представленных лабораторных исследований серийного газогенераторного котла следует, что использование твердотопливного котла длительного горения, работающего на льняной костре, эффективно и целесообразно.

Литература

1. Ущাপовский, И. В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения / И. В. Ущাপовский, Э. В. Новиков, Н. В. Басова, А. В. Безбабченко, А. В. Галкин // Молочнохозяйственный вестник [Электронный ресурс]. – 2017. – № 1 (25). – С. 166–187. – Режим доступа: <http://molochnoe.ru/journal>. – Дата доступа: 15.07.2017.
2. Ущাপовский, И. В. Анализ состояния, проблемы и перспективы льнокомплекса России / И. В. Ущাপовский, Н. В. Басова, Э. В. Новиков, А. В. Галкин // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: материалы. Междунар. науч.-практ. конф. – Тверь: Твер. гос. ун-т., 2016. – 318 с. – С. 27–35.
3. Новиков, Э. В. Анализ эффективности первичной переработки льносырья в Российской Федерации / Э. В. Новиков, Е. Н. Королева, А. В. Безбабченко, И. В. Ущাপовский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 2 (362). – С. 71–74.
4. Гришина, Е. А. Влияние органоминерального комплекса из льняной костры на урожай и качество льна-долгунца (*Linum Usitatissimum L.*) и белого люпина (*Lupinus Albus L.*): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / Е. А. Гришина. – М., 2015. – 18 с.
5. Мясников, И. Б. Об использовании льняной костры в газогенераторных котлах для отопления цехов льнозавода / И. Б. Мясников, Э. В. Новиков // Актуальные проблемы науки в технологиях текстильной и легкой промышленности (Лен – 2016): сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. / Костром. гос. ун-т. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2016. – С. 74–75.

УДК 631.173(33)

Поступил в редакцию 05.09.2017

Received 05.09.2017

А. И. Петрашев, д. т. н., ст. н. сотр., В. В. Клепиков, к. т. н.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, Российская Федерация
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru*

ТЕХНОЛОГИЯ И СРЕДСТВА КОНСЕРВАЦИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ

Изложены результаты разработки технологии противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники загущенными консервационными смазками. Представлены технические характеристики установок для приготовления загущенных смазок и их нанесения.

Ключевые слова: технология консервации, загущенные смазки, сельскохозяйственная техника.

A. I. Petrashev, V. V. Klepikov

*FSBSI «All-Russian scientific research institute for the use of machinery and petroleum products in agriculture», Tambov, Russian Federation
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru*

THE TECHNOLOGY AND CONSERVATION MEANS FOR AGRICULTURAL TILLAGE MACHINES

The results of the development of technologies for the anticorrosion protection of agricultural machinery with thickened conservation lubricants are described. The technical characteristics of machines for the preparation of protective composition and its application are presented.

Keywords: Conservation technology; thickened lubricants; agricultural machinery.

Высоких эксплуатационных показателей использования сельскохозяйственной техники невозможно достичь без эффективных технологий противокоррозионной защиты, реализуемых в процессе ее ежегодной консервации [1]. Имеющиеся на рынке материалы для консервации машин [2, 3] недоступны для сельхозпроизводителей из-за значительного ценового уровня.

Для обеспечения защиты от коррозии деталей почвообрабатывающей техники целесообразно использовать загущенные смазки, которые можно приготавливать непосредственно в хозяйствах, используя отработанные масла [4]. При этом отработанные моторные или трансмиссионные масла нагревают и смешивают с термопластичными загущающими присадками, ингибирующими коррозию стальных деталей. К таким присадкам относятся пушечная смазка ПВК (выпускается ОАО «Нефтемаслозавод», г. Оренбург) или кубовые амины – побочный продукт производства филиала «Азот» АО «Уралхим», г. Березники.

Коррозионными испытаниями определена эффективная концентрация присадок в отработанном масле для защиты почвообрабатывающей техники от коррозии при хранении в течение 9–10 месяцев. На рисунке 1 показано изменение состояния защитного покрытия на рабочем органе дисковой бороны после 9-месячных испытаний на открытой площадке.

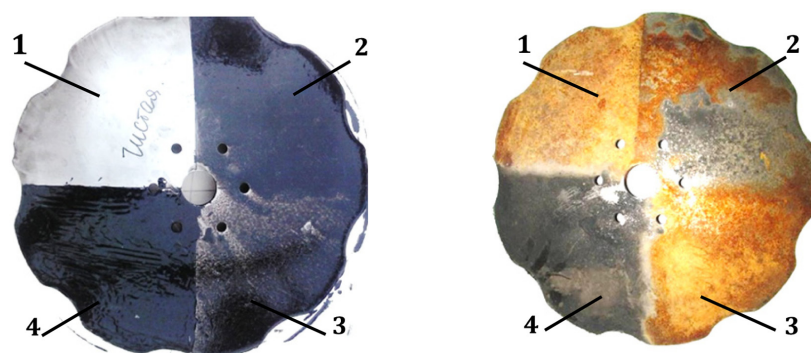
Рассмотрим процесс получения загущенной смазки с использованием в качестве присадки кубовых аминов, которые содержат алифатические амины, ингибирующие коррозию сталей, и парафиновые углеводороды, загущающие отработанное масло. Присадку в количестве 12–15 % по массе загружают в емкость с отработанным маслом и нагревают.

Плотность присадки при комнатной температуре (20 °С) равна 910 кг/м³, плотность отработанного масла ниже – 895 кг/м³, поэтому после загрузки в масло куски присадки опускаются на дно емкости. При нагреве до 50 °С присадка плавится, ее плотность резко снижается с 910 до 864 кг/м³, а плотность отработанного масла снижается незначительно – до 875 кг/м³ [5]. В результате расплавленная присадка всплывает и при дальнейшем нагреве до 85–100 °С остается на верхнем уровне отработанного масла. Нагрев компонентов до указанной температуры обусловлен необходимостью снижения их динамической вязкости (η), влияющей на длительность (t) смешивания:

$$t \sim (\eta)^{0,5}.$$

Для повышения однородности распределения всплывшей присадки в отработанном масле необходим смеситель, способный принудительно нагнетать присадку с верхнего уровня масла вглубь. Так как годовая потребность среднего хозяйства в загущенной смазке не превышает 200 л, то рентабелен смеситель с низкими оборотами вала (70–90 мин⁻¹).

Для этого разработан смеситель с комбинированным перемешивающим устройством, состоящим из вращающейся листовой мешалки и неподвижной шнековой ленты, закрепленной на стенке емкости. Новизну устройства подтверждает патент № 2601001 «Смеситель для консерва-



а) начало испытаний (сентябрь); б) окончание испытаний (июнь)

1 – контрольный сегмент; 2 – покрытие из смазки с 10 % кубовых аминов (КА);
3 – покрытие из отработанного масла; 4 – покрытие из смазки с 15 % КА

Рисунок 1. – Испытание загущенной смазки на диске бороны БДТ-3,8



Рисунок 2. – Установка ОПУ-80 для приготовления загущенной смазки

ционной смазки» [6]. Таким смесителем оснащена установка ОПУ-80 для приготовления загущенной смазки (рисунок 2).

В состав установки входит теплоизолированная емкость с листовой мешалкой, закрепленной в опорном узле на крышке, и нагревательное устройство под дном емкости. Вращение мешалки осуществляется мотор-редуктором мощностью $0,37 \text{ кВт}$. Шнек имеет правую навивку и закреплен на стенке емкости. Ширина шнека – 50 мм , угол наклона – 20° , зазор между кромками листовой мешалки и шнеком – 5 мм . В нижней части емкости на уровне дна имеется сливной кран. Установка опирается на два колеса и рамки. Нагрев присадки и масла осуществляется посредством трех конфорок-ТЭН общей мощностью 3 кВт , которые прикреплены к дну емкости снизу и не контактируют с загущенной смазкой. Измеритель-регулятор и пускозащитная аппаратура, управляющие температурой нагрева, находятся в электрическом пульте.

Принцип работы установки заключается в следующем. В емкость заливают отработанное масло и загружают отвешенные куски присадки, которая опускается на дно емкости. На измерителе-регуляторе задают границы температурного интервала $85\text{--}100 \text{ }^\circ\text{C}$ и включают нагрев.

При нагреве до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ присадка полностью расплавляется и всплывает на поверхность масла, а автоматика отключает электронагреватели. После этого оператор смешивает жидкую присадку с маслом вращением листовой мешалки. При этом масса присадки вовлекается во вращательное движение и отбрасывается к стенке емкости. Частицы присадки, взаимодействуя со шнеком, вращаются и одновременно перемещаются в осевом направлении вниз емкости. Процессы входа и выхода присадки со шнека протекают одновременно и на разных уровнях емкости.

В результате по периферии емкости поток смеси присадки с маслом вращается и опускается вниз, а по центру – поднимается вверх. Благодаря этому, частицы присадки равномернее распределяются по объему масла при небольших оборотах вала мешалки. Контроль качества приготовленной смазки производится путем сравнения вязкостей проб, отобранных сверху и снизу емкости.

Показатели установки ОПУ-80: рабочий объем – до 75 л ; установленная мощность – $3,5 \text{ кВт}$; длительность 1 цикла – $1,5 \text{ ч}$; производительность – 50 л/ч ; энергоемкость – $0,06 \text{ кВт}\cdot\text{ч/л}$; масса – 45 кг . Себестоимость 1 л загущенной смазки – $23,3 \text{ руб./л}$, ниже, чем бензино-битумного состава – $38,2 \text{ руб./л}$.

Нанесение загущенной смазки на рабочие органы почвообрабатывающей техники выполняют в период осени, когда температура окружающей среды понижена до $0\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$. При этом вязкость загущенных смазок возрастает настолько, что становится невозможной их подача на распыление под избыточным давлением. Чтобы обеспечить работоспособность оборудования и достаточную производительность нанесения, загущенную смазку необходимо наносить нагретой. Для этого разработана передвижная установка УЛН-2М, новизна которой подтверждена патентом № 2525493 «Устройство для нагрева защитной смазки при нанесении на сельхозмашины» [7].

Установка (рисунок 3) содержит напорный бак для загущенной смазки, пульт управления, пневморедуктор с воздушными кранами, пневматический пистолет-распылитель со шлангами подачи смазки и сжатого воздуха.

Напорный бак разделен горизонтальной сеткой на верхнюю (надкамерную) полость и нижнюю полость (камеру локального нагрева). Под эллиптическим днищем бака размещена ТЭН-конфорка, которая вмурована в периклаз. Внутри шланга подачи смазки пропущена электроспираль, соединенная с трансформатором $220/36 \text{ В}$.

Перед началом работы бак установки загружают загущенной смазкой, затем ее передвигают к месту консервации техники, где подключают к источнику электроэнергии и компрессору. При включении электроспираль обогревается шланг подачи смазки. При включении ТЭН-конфорки сначала нагревается смазка в локальной камере, так как сетка в баке препятствует конвективному теплообмену между камерой нагрева и надкамерной полостью. Длительность нагрева смазки в локальной камере до рабочей температуры 45 °С составляет 0,15 ч.

Для нанесения нагретой смазки от компрессора подают сжатый воздух под давлением 0,35–0,45 МПа. Посредством пневморедуктора понижают до 0,07–0,15 МПа давление воздуха, направляемого в напорный бак для выдачи смазки. Расход воздуха на распыление смазки корректируют воздушным краном. Пистолетом-распылителем СО-71 наносят смазку на рабочие органы плугов, культиваторов, луцильников, борон, сеялок и т. п.

Показатели установки УЛН-2М: вместимость напорного бака – 20 л; мощность ТЭН-конфорки – 1,0 кВт, электроспираль – 0,25 кВт; техническая производительность нанесения покрытия – 130 м²/ч; удельный расход смазки – 0,12 кг на 1 м² поверхности.

Разработанная технология консервации почвообрабатывающей техники загущенной смазкой внедрена в «Колхозе – племенном заводе им. Ленина» Тамбовской области. Основной объем работ по нанесению смазки выполняется одним механизатором. Данная технология консервации снижает себестоимость защитных материалов на 39 %, повышает производительность нанесения покрытий в 2,2 раза. Экономический эффект от внедрения новой технологии приготовления и нанесения загущенной смазки составляет 18,8 тыс. руб. в год. Затраты на внедрение новой технологии консервации техники загущенными смазками окупаются к концу 2-го сезона применения.

Литература

1. Петрашев, А. И. Научно-технические основы механизации процессов консервации аграрной техники / А. И. Петрашев, С. Н. Сазонов, В. В. Клепиков // Вестник МичГАУ. – 2014. – № 4. – С. 61–67.
2. Миронов, Е. Б. Оценка консервационных материалов для защиты от коррозии рабочих органов сельскохозяйственной техники / Е. Б. Миронов, В. В. Косолапов, Е. М. Тарукин, М. М. Маслов // Вестник НГИЭУ. Серия: Технические науки. – 2013. – № 8 (51). – С. 45–57.
3. Миронов, Е. Б. Состояние системы противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники в Нижегородской области / Е. Б. Миронов, В. В. Косолапов, Е. М. Тарукин, М. М. Маслов // Вестник Алтайского ГАУ. – 2015. – № 12 (134). – С. 127–131.
4. Петрашев, А. И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03. / А. И. Петрашев; Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова. – Тамбов, 2007. – 400 с.
5. Петрашев, А. И. Изменение плотности при нагреве и плавлении компонентов консервационных материалов / А. И. Петрашев, В. В. Клепиков, Ф. Д. Таха // Наука в центральной России. – 2015. – № 2 (14). – С. 34–43.
6. Смесь для консервационной смазки: пат. № 2601001 РФ, МПК В01F7/18 / А. И. Петрашев, Л. Г. Князева, В. В. Клепиков Ф. Д. Таха. – № 2015144399/05; заявл. 15.10.2015; опубл. 27.10.2016 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – № 30.
7. Устройство для нагрева защитной смазки при нанесении на сельхозмашины: пат. № 2525493 РФ, МПК В05В7/16 / А. И. Петрашев, В. В. Клепиков, Ю. А. Шумов. – № 2013109670; заявл. 04.03.2013; опубл. 20.08.2014 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – № 23.

Л. Ю. Коноваленко, ст. н. сотр.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»), п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: konovalenko@rosinformagrotech.ru*

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УБОЯ И ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СКОТА: РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рассмотрены принцип и методика определения наилучших доступных технологий в странах ЕС. Дан анализ европейского справочного документа по НДТ (BREF) для боен, представлены некоторые из отобранных технологий, их экологический и экономический эффект.

Ключевые слова: наилучшая доступная технология, бойни, отходы, ресурсосбережение, экология.

L. Yu. Konovalenko

*Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex»
(Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: konovalenko@rosinformagrotech.ru*

BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES OF SLAUGHTER AND PRIMARY PROCESSING OF CATTLE: RESOURCE-SAVING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

The principle and methodology of determining best available technologies in the EU. The analysis of the European reference document on BAT (BREF) for abattoirs, are some of the selected technologies, their environmental and economic effect.

Keywords: best available technology, slaughterhouses, wastes, resource-saving, ecology.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р утвержден Комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы НДТ и внедрение современных технологий, в том числе в сфере агропромышленного комплекса.

Принцип наилучших доступных технологий (НДТ) впервые был закреплен в Директиве ЕС о комплексном предупреждении и контроле загрязнения 96/61/ЕС и в Решении рекомендаций Совета ОЭСР о комплексном предупреждении и контроле загрязнения [1].

В соответствии с Директивой 96/61/ЕС в содержании понятия «наилучшая доступная технология», равно как и при оценке той или иной технологии в качестве наилучшей доступной, должны учитываться экологический, экономический и социальный аспекты (критерии), промышленная применимость технологии, т. е. возможность ее использования в соответствующих отраслях производственной деятельности, а также наличие технологии на рынке, т. е. возможность ее свободного приобретения и внедрения, независимо от страны использования или разработки этой технологии.

Какие технологии сейчас в странах ЕС отнесены к наилучшим доступным, можно узнать из выпускаемых справочных документов по НДТ, называемых BREF (BAT reference documents). В настоящее время в Евросоюзе разработано и принято 33 справочных документа по НДТ, которые относятся к различным отраслям промышленности, в том числе к сельскому хозяйству, пищевой и перерабатывающей промышленности [2].

Справочный документ по НДТ «Бойни и объекты переработки побочной продукции животного происхождения (BREF Slaughterhouses and Animal By-products Industries)» создан в 2005 году.

Охватывает промышленную деятельность боен с мощностями более 50 тонн в день, установок для утилизации или переработки туш животных и отходов животноводства с перерабатывающей мощностью, превышающей 10 тонн в день.

При отборе было рассмотрено около 250 технологий по стандартной схеме: описание; достигнутые экологические выгоды; перекрестные эффекты; эксплуатационные данные; применимость; экономика; движущая сила для реализации; экспериментальные установки.

На основе представленной информации членами технической рабочей группы (ТРГ) были сделаны выводы в отношении той или иной существующей технологии к НДТ [3].

Особое место отведено технологиям переработки побочной продукции, образующейся в больших количествах при первичной переработке скота (рисунок 1).

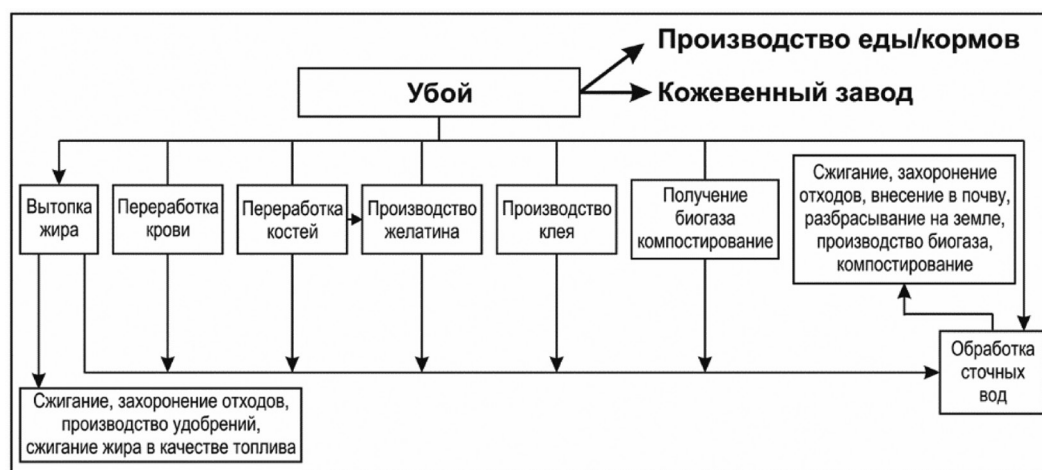


Рисунок 1. – Направления использования побочного сырья скотобоен [4]

Перспективным направлением утилизации отходов является переработка их на биогаз. Зарубежные специалисты считают одним из методов повышения эффективности биогазовых установок анаэробное сбраживание субстратов, представляющих собой смесь навоза сельскохозяйственных животных и так называемых коферментов. В качестве коферментов предлагается использовать отходы растениеводства или пищеperеработки. В частности, могут быть использованы отходы мясокомбинатов (каныга, отходы крови, сточные воды). Высокое содержание жира, белка и зараженность микрофлорой характеризуют их как идеальное сырье для метанового сбраживания.

О результативности использования некоторых из отобранных в качестве НДТ технологий говорят данные таблицы 1.

Таблица 1. – Экологический и экономический эффект от внедрения НДТ (данные из европейского справочного документа)

Название технологии	Эффективность использования
Использование системы экологического менеджмента (СЭМ) (4.1.1*)	Согласно исследованиям немецкого Института предпринимателей: затраты на внедрение СЭМ составляют 80000 EUR, средняя экономия в год – в размере 50000 EUR. Срок окупаемости составляет около полутора лет.
Анаэробная обработка сточных вод (4.1.43.14*)	Преимущества: значительное удаление ХПК в сточных водах и производство биогаза. Биогаз из сточных вод производит больше энергии, чем используется во время очистки сточных вод. Один кг ХПК производит 0,5 м ³ биогаза. Из одного м ³ биогаза можно получить около 6,4 кВт энергии, которая может быть использована на ТЭЦ.
Сухое выкабливание средств доставки скота, до мытья (4.2.1.1*)	Достигнутые выгоды: потребление воды и уровень загрязнения сточных вод снижается. Удаляются вещества труднорастворимые, например опилки. В одной крупной бойне свиней в Дании при использовании технологии сухого выкабливания потребление воды для очистки транспортных средств составляет примерно 110 л/м, при том что на других бойнях этот показатель достигает значения 300 л/м.

* Номер технологии в европейском справочном документе BREF Slaughterhouses and Animal By-products Industries.

Таким образом, наилучшие доступные технологии, связанные с деятельностью скотобоен, направлены на: уменьшение потребления воды; снижение выбросов жидкостей с высокой концентрацией органических веществ в воду; уменьшение потребления энергии, связанного с охлаждением и нагревом воды. Когда рассматривается процесс переработки субпродуктов, акцент делается на проблеме минимизации отходов и запаха [4].

Литература

1. Директива Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1375085>. – Дата доступа: 15.10.2015.
2. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы / О. Н. Королева [и др.]. – СПб., 2011. – 123 с.
3. Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries = Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Бойни и объекты переработки побочной продукции животного происхождения. – European Commission, May 2005. – 438 p.
4. Международный опыт разработки принципов наилучших доступных технологий в сельском хозяйстве: науч. аналит. обзор / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2015. – 160 с.

УДК 001:338.436.33(470)

Поступил в редакцию 05.09.2017
Received 05.09.2017

Т. Е. Маринченко, н. сотр.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»), п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: 9419428@mail.ru*

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РЕСУРСЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Проведен анализ научных ресурсов АПК России, который показал, что наука располагает достаточным потенциалом, способным активизировать инновационную деятельность. Предложены меры по развитию аграрной науки. Представлены тенденции, принципы и порядок работы Минсельхоза России в рамках Прогноза научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года.

Ключевые слова: АПК, научный потенциал, результативность, повышение эффективности, результат научно-технической деятельности, мониторинг, научно-техническое обеспечение, прогноз научно-технического развития.

T. E. Marinchenko

*Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex»
(Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: 9419428@mail.ru*

RESEARCH RESOURCES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

Analysis of scientific potential of the agro-industrial complex (AIC) was performed. According to data analysis, the science has enough potential to promote innovation activities. The measures for agricultural science development were suggested. The tendencies, principles and work sequence of the Ministry of Agriculture of Russia in the framework of the Forecast of Scientific and Technical Development of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation for the period up to 2030 were presented.

Keywords: agro-industrial complex (AIC), scientific potential, effectiveness, efficiency increase, result of scientific and technical activity, monitoring, scientific and technical support, forecast of scientific and technical development.

Указами Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», от 21.07.2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технологической политики в интересах развития сельского хозяйства» и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации определены цели и основные задачи научно-технологического развития Российской Федерации, основные направления и меры реализации государственной политики в этой области, ожидаемые результаты их реализации, обеспечивающие устойчивое, динамичное и сбалансированное развитие Российской Федерации на долгосрочный период, в том числе и развитие инструментов регулирования объектов интеллектуальной собственности, выполненных за счет государственного субсидирования в сфере АПК [1, 2].

В стратегии научно-технологического развития Российской Федерации указывается на необходимость формирования эффективной системы коммуникации в области науки, технологий и инноваций, на повышение восприимчивости экономики и общества к инновациям, развитие наукоемкого бизнеса путем:

- создания условий, обеспечивающих взаимовлияние науки и общества посредством привлечения общества к формированию запросов на результаты исследовательской деятельности;
- формирования инструментов поддержки трансляционных исследований и организации системы технологического трансфера, охраны, управления и защиты интеллектуальной собственности, обеспечивающих быстрый переход результатов исследований в стадию практического применения.

Основными сценариями развития науки и технологий в России до 2035 года являются сценарии, основанные на переходе от энергосырьевой модели роста к инновационной (рост за счет человеческого капитала и технологий) путем:

- 1) импорта технологий;
- 2) научно-технологического лидерства при традиционной специализации экономики;
- 3) научно-технологического лидерства с ориентацией на новую экономику (рисунок 1).

Целевой сценарий развития науки и технологий предусматривает рост общих расходов на НИОКР в РФ с 1,11 % ВВП в период 2016–2020 гг. до 1,73 %, преимущественно за счет внебюджетных источников (рисунок 2).

Агропромышленный комплекс (АПК) является крупнейшей жизнеобеспечивающей сферой, тесно взаимосвязанной экономически, ресурсно и производственно с другими отраслями. Состояние АПК и экономическая эффективность функционирования оказывают решающее влияние на уровень продовольственного обеспечения и благосостояние народа.

В аграрной науке сегодня существуют научные заделы практически по всем отраслям сельскохозяйственного производства, сопоставимые с мировым уровнем, существует большое количество законченных разработок, способных значительно повысить эффективность производства.



Рисунок 1. – Основные сценарии развития Российской Федерации до 2035 г. [3]

Сценарии / годы	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
Научно-технологическое лидерство с ориентацией на новую экономику, всего	1.11	1.39	1.64	1.73
Средства бюджетов*	0.85	1.03	1.20	1.20
Внебюджетные средства**	0.26	0.36	0.45	0.53
Научно-технологическое лидерство при традиционной специализации экономики, всего	1.12	1.34	1.51	1.58
Средства бюджетов*	0.85	0.99	1.10	1.09
Внебюджетные средства**	0.26	0.35	0.41	0.49
Импорт технологий, всего	1.06	1.13	1.18	1.22
Средства бюджетов*	0.81	0.84	0.83	0.80
Внебюджетные средства**	0.25	0.29	0.35	0.41

* Средства бюджетов включают в себя внутренние затраты из средств федерального бюджета, бюджетов субъектов РФ и государственных внебюджетных фондов.

** Внебюджетные средства включают в себя внутренние затраты из средств организаций предпринимательского сектора, внебюджетных средств ВУЗов и НКО, собственных средств научных организаций и из иностранных источников.

Рисунок 2. – Средние внутренние расходы на НИОКР Российской Федерации в 2016–2035 гг. по сценариям развития сектора науки и высоких технологий (% от ВВП) [3]

Высокий научный потенциал и индустриальные технологии обуславливают способность выпуска принципиально новых высокопроизводительных и ресурсосберегающих машин и оборудования, создания высокопродуктивных пород, типов, линий и кроссов животных и птицы. Происходит повсеместно модернизация производств, связанная с роботизацией и автоматизацией производственных процессов, в том числе с использованием автопилотируемой техники и компьютеров, принимающих решения, обеспечивающих контроль потоков сырья, энергии, продукции и т. д.

Степень вовлечения отечественных научных результатов в производство оказывает непосредственное влияние на уровень развития инновационных процессов в сельском хозяйстве, который специалистами оценивается как неоднозначный. Со стороны аграрной науки, в последние годы плодотворно работающей, несмотря на серьезные экономические трудности, создается большое количество качественной научной продукции, а авангардные сельхозтоваропроизводители, справляясь с неблагоприятными экономическими факторами, осваивают прогрессивные технологии.

Сложившаяся негативная макроэкономическая ситуация определила падение спроса на научно-техническую и наукоемкую продукцию и замедление инновационных процессов в отрасли. Однако массового вовлечения в производство и продвижения инноваций в хозяйствах сельских товаропроизводителей не наблюдалось и в докризисный период, ежегодно остаются невостребованными более 50 % отечественных разработок [4].

В Прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденного приказом Минсельхоза России от 12 января 2017 г. № 3 (далее – Прогноз) указывается на задачи обеспечения научно-методической и информационно-аналитической поддержки использования результатов НИОКР, развития сети отраслевых центров научно-технологического прогнозирования, формирования системы мониторинга научно-технологического развития АПК [5].

Для решения поставленных задач инновационного развития АПК необходим государственный методологический подход к развитию человеческого капитала, в том числе к формированию ключевых компетенций специалистов в сфере сельского хозяйства. Только высококвалифицированные и, прежде всего, с высшим образованием специалисты могут обеспечить инновационное

развитие аграрного производства и всего АПК. Качественная образовательная деятельность подразумевает проведение научно-исследовательской деятельности на высоком уровне, что требует достаточного ее финансового обеспечения, приобретения нового и модернизации имеющегося научного оборудования.

В научно-технологическом Прогнозе определены: план-прогноз модернизации отрасли, план внедрения технологий, а также приоритетные направления технологических проектов.

К приоритетным направлениям развития аграрной науки, помимо разработки Прогноза научно-технологического развития сельского хозяйства до 2030 года, относятся также:

- создание эффективной системы внедрения результатов НИОКР;
- повышение эффективности аграрной науки;
- развитие кадрового потенциала.

Кадровым обеспечением отрасли в настоящее время занимаются организации системы высшего, в том числе дополнительного, профессионального образования Минсельхоза России, в ведении министерства находятся 54 аграрных вуза. Они должны стать центрами ответственности по приоритетным направлениям научно-технологического развития отрасли, на их базе будет осуществляться взаимодействие ученых ведущих научно-исследовательских учреждений, а также с руководителями передовых предприятий отрасли.

На их базе создается система стратегического планирования, которая должна актуализировать и корректировать Прогноз на основе постоянно обновляемых данных в сфере науки, технологий, техники. Кроме того, на базе вузов и центров сельскохозяйственного консультирования (которые являются учреждениями дополнительного профессионального образования) необходимо создать инжиниринговые центры, обеспечивающие внедрение научных и технических достижений в практику сельского хозяйства и агропромышленного комплекса [6].

В настоящее время создание и развитие инжиниринговых центров на базе образовательных организаций высшего образования осуществляется Минобрнауки России и Минпромторгом России. Это направление способствует активизации инновационной деятельности вузов, учитывает интересы бизнеса и направлено на оказание услуг организациям реального сектора экономики в интересах повышения спроса на результаты НИОКР вузов и трансфера новых технологий в экономику.

Развитие кадрового потенциала в сфере АПК основывается на:

- достижении сбалансированного спроса и предложения на рынке труда специалистов АПК;
- обучении кадров в соответствии с задачами развития отрасли;
- развитии форм дополнительного и профессионального образования.

Важным направлением активизации инновационного развития АПК является создание в ближайшей перспективе научно-образовательно-производственных кластеров на базе аграрных вузов, учреждений среднего профессионального образования в сфере АПК, научных и образовательных организаций иной ведомственной подчиненности (Минобрнауки России, ФАНО России, региональные и муниципальные), агропромышленных предприятий региона. Это позволит обеспечить практику студентов на предприятиях отрасли, повысить возможность трудоустройства выпускников по специальности, организовать непрерывное образование специалистов в сфере АПК, расширить программы прикладных научных исследований, осуществляемых аграрными вузами за счет координации и взаимодействия с научно-исследовательскими организациями, обеспечить эффективное внедрение результатов научных исследований в производство.

Для мониторинга и актуализации эффективности предпринимаемых мер требуется создание методики оценки результативности научных организаций, усовершенствования системы отбора программ НИР ВУЗов, формирование федеральных и региональных исследовательских центров и полнотекстовых баз данных отчетов НИОКР.

Широкое внедрение в практику учебного процесса систем электронного обучения, основанных на организации сетевых образовательных сред, поднимает проблему информационного и учебно-методического обеспечения образовательных и научно-исследовательских программ, что особенно актуально в связи с масштабным переходом отечественной высшей школы к новой образовательной парадигме, смещающей акцент обучения на самостоятельную работу студентов, индивидуализацию подхода к формированию гибких образовательных траекторий обучения.

Формирование и использование федеральных и отраслевых информационных ресурсов по учету результатов НИОКР, том числе ведение и актуализация институционального репозитория Минсельхоза России, позволит повысить эффективность внедрения инновационных разработок, улучшить интеграцию всех звеньев информационной инфраструктуры в АПК, повысить общую управляемость, исключить дублирующие функции, упорядочить информационные потоки, упростить поиск и обмен информацией между экспертом, инвестором и специалистами АПК для дальнейшей коммерциализации результатов НИОКР.

На это направлены новые инициативы Минсельхоза России, который с целью обеспечения вывода АПК России на максимальную траекторию развития создает систему мониторинга и прогнозирования научно-технического прогресса, которая позволит оперативно корректировать планы работы с учетом новых прорывных научных открытий. Инфраструктурной основой такой системы станут отраслевые центры прогнозирования, сформированные на базе ведущих аграрных вузов, научных организаций и компаний [7]. Системы технологического прогнозирования и стратегического планирования, регулярно корректируемые стратегические документы и программы должны обеспечить гибкость и адаптивность аграрной политики. Детализация в планировании, понимание целей и задач будут сочетаться с возможностью быстрого реагирования на изменения.

На основе Прогноза в 2017 году будут разработаны технологические дорожные карты для подотраслей АПК, которые позволят эффективно финансировать отраслевую науку в комплексе с отраслевой аграрной системой образования и аграрным бизнесом [8].

Проведенные исследования позволили выявить предпосылки повышения эффективности научно-исследовательского сектора для АПК. Для дальнейшего развития аграрной науки, углубления фундаментальных и приоритетных прикладных научных исследований для разработки конкурентоспособной научно-технической продукции, определения инновационного механизма участия науки в процессе освоения в производстве научных разработок, обеспечивающих эффективное развитие АПК Российской Федерации, необходимо: совершенствовать процедуру государственного заказа на научные исследования; увеличить объемы прикладных разработок; развивать систему внедрения результатов НИР в производство (через проектное финансирование, создание селекционно-генетических центров, выделение сельскохозяйственного направления в деятельности институтов развития; создание малых инновационных предприятий и др.); совершенствовать инновационную систему аграрных вузов.

Литература

1. Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»: Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Указ Президента РФ от 21.07.2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технологической политики в интересах развития сельского хозяйства»: Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года // Фонд «Центр стратегических разработок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2016/06/prezentatsiya-proekta-SNTR-12.05.2016.pdf>. – Дата доступа: 14.07.2017.
4. Федоренко, В. Ф. Организационно-экономический механизм трансфера инноваций в АПК / В. Ф. Федоренко, Т. Е. Маринченко, В. Н. Кузьмин. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 412 с.
5. Приказ Минсельхоза России от 12 января 2017 г. № 3 «Прогноз научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года»: Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
6. Метелькова, Е. И. Роль аграрных вузов в научном обеспечении инновационного развития агропромышленного комплекса / Е. И. Метелькова // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – С. 6–9.
7. Взгляд в следующие десятилетия // Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. – 2016. – № 4. – С. 14–19.
8. Прогноз научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года // Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. – 2016. – № 4. – С. 20–23.

В. Н. Кузьмин, д. э. н.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований
по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»), п. Правдинский, Московская обл., Российская Федерация
e-mail: kwn2004@mail.ru*

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Изложена задача по формированию системы статистической оценки уровня технологического развития АПК Российской Федерации, поставленная руководством страны, которая может быть решена на основе анализа существующего опыта в других странах и отраслях экономики и комплексного подхода к разработке системы показателей, включающих в себя как показатели продуктивности растений и животных (как меры технологичности), так и уровни распространения в отрасли отдельных передовых технологий, выделенных экспертами.

Ключевые слова: уровень технологического развития, АПК, показатели.

V. N. Kuzmin

*Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex»
(Federal state scientific institution «Rosinformagrotekh»), Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation
e-mail: kwn2004@mail.ru*

MEASURING THE LEVEL OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY

The task is set for the formation of a system of statistical assessment of the level of technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation, set by the country's leadership, which can be solved on the basis of analysis of existing experience in other countries and sectors of the economy and an integrated approach to the development of a system of indicators including both indicators of plant productivity and Animals (a measure of the level of manufacturability), and the level of distribution in the industry of selected advanced technologies identified by experts

Keywords: level of technological development, agro-industrial complex, indicators.

Переход экономики России на новый уровень технологического развития является одной из стратегических целей обеспечения национальной безопасности. Технологические риски, вызванные отставанием от развитых стран в уровне технологического развития российской производственной базы, могут существенно ослабить продовольственную безопасность Российской Федерации [1, 2].

Федеральной службой государственной статистики России (Росстатом) утверждена методика оценки технологического развития отраслей экономики, которая включает в себя систему показателей для оценки макроэкономики; инвестиций; науки, инноваций и передовых производственных технологий; производства высокотехнологичных видов промышленной продукции; энергоэффективности; основных фондов; ряда отраслей (строительство, транспорт, связь, торговля, внешняя торговля) [3, 4].

Проводится работа по совершенствованию инструментария управления отраслями, в том числе с помощью развития оценки уровня технологического развития отраслей экономики [5–8].

Минсельхозом России поставлена задача по формированию национальной системы статистической оценки уровня технологического развития АПК Российской Федерации [9].

Технологическое развитие – это производство, реализация уже какого-либо конкретного продукта, услуги [10].

В настоящее время в мире используют различные подходы и методики для измерения технологических способностей или технологического развития и на их основе разрабатывают рейтинги

конкурентоспособности стран: индекс технологий (ИТ) (является составляющей в индексе глобальной конкуренции (Global Competitiveness Index; GCI), определяемом Всемирным экономическим форумом); индекс технологических достижений (Technological Achievement Index – TAI, разработан в 2001 г. в рамках доклада Программы развития ООН (ПРООН) о развитии человека (The Human Development Report); индекс технологических способностей для развитых и развивающихся стран (индекс ArCo, создан Д. Арчибаги и А. Коко на основе TAI); индекс научных и технологических возможностей стран мира американского исследовательского центра RAND Corporation; глобальный индекс инноваций (ГИИ) Международной бизнес-школы INSEAD и Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO), индекс экономики знаний (KEI), разработанный Всемирным банком, и др. [11, 12]. Как правило, эти индексы основаны на выделении составляющих, каждая из которых определяется на основе нескольких показателей.

Известны несколько основных подходов к выделению отраслей по уровню технологичности:

- отраслевой подход: статистические данные рассматриваются на уровне двух-трех знаков различных классификаций видов деятельности (NACE, ISIC и т. д.), использование экспертных оценок;
- продуктовый подход: статистические данные рассматриваются на уровне продуктовых классификаций, использование экспертных оценок;
- патентный подход: рассматриваются высокотехнологичные патенты и патенты в области биотехнологий в отдельных отраслях промышленности, использование экспертных оценок;
- подход на уровне фирм: анализ статистических данных, использование экспертных оценок; подход на уровне отдельных технологий.

Для оценки уровня технологичности различных отраслей используются следующие типы показателей: показатели затрат на исследования и разработки по отношению к добавленной стоимости, объему выпущенной продукции; показатели патентной активности; показатели доли исследователей в общей численности занятых и др. [13].

Представляется, что для оценки уровня технологического развития АПК перспективным является комплексный подход: разработка системы показателей, включающих в себя как показатели продуктивности растений и животных (продуктивность – мера уровня развития технологий), так и показатели уровня распространения в отрасли отдельных передовых технологий, выделенных экспертами.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // Собр. законодательства Российской Федерации. – 2016. – № 1 (Ч. II). – Ст. 212.
2. Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // Собр. законодательства Российской Федерации – 2010. – № 5. – Ст. 502.
3. Технологическое развитие отраслей экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment. – Дата доступа: 12.07.2017.
4. Приказ Росстата от 14.01.2014 № 21 «Об утверждении методики расчета показателей «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте» и «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158370/. – Дата доступа: 12.07.2017.
5. Батьковский, А. М. Совершенствование инструментария оценки уровня технологического развития предприятий ОПК / А. М. Батьковский, А. Н. Стяжкин // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2016. – № 9. – С. 147–152.
6. Беляков, Г. П. Уровень технологического развития предприятий лесопромышленного комплекса и методические подходы к его оценке / Г. П. Беляков, А. А. Поконов // Общество: политика, экономика, право. – 2016. – № 10. – С. 42–45.
7. Остапенко, А. В. Проблемы оценки уровня технологического развития предприятий ракетно-космической промышленности / А. В. Остапенко, А. И. Косырева, В. А. Федоров // Вестн. науч. конф. – 2016. – № 12–4. – С. 136–139.
8. Силкина, А. В. Этапы методики оценки и управления уровнем научно-технологического развития предприятий ОПК / А. В. Силкина, Л. В. Ерыгина // Вестн. Самарского гос. экон. ун-та. – 2016. – № 10. – С. 28–34.
9. Открытый конкурс на право заключения государственного контракта на оказание услуг по научно-методическому и экспертно-аналитическому обеспечению научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok44/view/documents.html?regNumber=0173100006417000113>. – Дата доступа: 25.05.2017.

10. Дежина, И. Перспективные производственные технологии в России: контуры новой политики / И. Дежина, А. Пономарев, А. Фролов // Форсайт. – 2015. – № 1. – С. 20–31.
11. Коцюбинский, В. А. Методологические подходы сопоставления показателей развития высокотехнологичных секторов России и стран ОЭСР / В. А. Коцюбинский // Инновации. – 2015. – № 4. – С. 27–32.
12. Руденко, Д. Ю. Мировой опыт оценки уровня научно-технологического развития / Д. Ю. Руденко, Н. И. Диденко // Вестн. Тюменского гос. ун-та. Соц.-экон. и правовые исследования. – 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 129–147.
13. Пашинцева, Н. И. Об информационно-методологическом обеспечении анализа интеллектуальных активов и использования научного потенциала России / Н. И. Пашинцева, И. В. Зиновьева // Вопросы статистики. – 2016. – № 3. – С. 43–54.

УДК 631.17:635.21

Поступил в редакцию 25.05.2017
Received 25.05.2017

В. А. Колос, к. т. н., Ю. Н. Сапьян, Е. Н. Кабакова

*ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация
e-mail: icgsmvim@yandex.ru*

К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕХНОЛОГИЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Уточнена методика выявления, оценки и реализации потенциалов полного и прямого энергосбережения (*PES* и *PDES*) технологий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом почвенно-климатических, агробиологических, материально-технических и финансовых факторов, ограничивающих планирование и внедрение энергосберегающих мероприятий.

Ключевые слова: технология, энергетическая оценка, потенциал энергосбережения, энергозатраты, оптимизация, энергосберегающие мероприятия.

V. A. Kolos, Yu. N. Sapyan, E. N. Kabakova

*FSBSI «Federal scientific agrarian engineering center VIM», Moscow, Russian Federation
e-mail: icgsmvim@yandex.ru*

TO ESTIMATION OF ENERGY-SAVING POTENTIAL OF CROP PRODUCTION TECHNOLOGY

Method of identification, assessment and realization of potentials of full and direct energy saving (*PES* and *PDES*) of technologies of cultivation of crops taking into account the soil-climatic, agrobiological, material-financial factors limiting planning and introduction of energy saving actions is specified.

Keywords: technology, energy assessment, potential of energy saving, energy consumption, optimization, energy saving actions.

Показатель, называемый потенциалом энергосбережения, является одним из критериев энергетической эффективности производства продукции и предназначен для количественной оценки ожидаемых результатов деятельности по сокращению затрат топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Однако способы его определения, так же как используемая терминология, отличаются большим разнообразием и требуют систематизации и актуализации. Цель данной работы – обоснование единой методики определения этого критерия при энергетической оценке технологий производства продукции растениеводства.

В настоящее время известны несколько формулировок понятия «потенциал энергосбережения» [1–4]:

– количество ТЭР, потребление которых может быть сокращено при производстве запланированного объема продукции;

– максимальные потери всех видов ТЭР на уровне установки, цикла, цеха, предприятия, которые возможно полностью или частично вернуть в производство с помощью энергосберегающих мероприятий;

- разность между фактическими и нормативными расходами ТЭР;
- ожидаемое максимальное сокращение энергозатрат на производство продукции (%);
- прогнозируемое сокращение энергозатрат до уровня, достигнутого передовым производителем продукции (%).

Первая формулировка характеризует рассматриваемый критерий как экономию ТЭР в абсолютном физическом выражении; вторая касается только устраняемых потерь и не учитывает возможностей, которые могут быть реализованы путем применения инноваций; третья характеризует рассматриваемый критерий как резерв экономии ТЭР за счет нормированного потребления. В четвертой формулировке – это ожидаемое относительное сокращение затрат ТЭР до минимума, определяемого с учетом существующих природно-производственных ограничений, в пятой – до минимума, достигнутого лучшим производителем продукции в сопоставимых условиях.

Последняя формулировка применяется для характеристики эффективности энергосбережения в полном жизненном цикле или в производственном цикле технологий растениеводства [4, 5] с помощью соответственно *PES* или *PDES*, характеризующих ожидаемую эффективность полных или прямых энергозатрат (%):

$$PES = 100 \left(1 - \frac{Q_B}{Q}\right); PDES = 100 \left(1 - \frac{Q_{PB}}{Q_{\Pi}}\right), \quad (1 \text{ а, б})$$

где Q , Q_{Π} и Q , Q_{PB} – исходные значения полных и прямых энергозатрат соответственно рассматриваемой (модернизируемой, обследуемой) и базовой технологии, *МДж*.

Полные энергозатраты вычисляются на объем продукции по расходам, энергосодержанию и энергоэквивалентам всех производственных ресурсов, прямые – по расходам и энергосодержанию ТЭР [3, 4]. В качестве базовой технологии принимается аналог, используемый лучшим производителем продукции, как эталон для данной местности, района или региона по энергоэкономическим показателям, представленным в описании, технологической карте или материалах производственной проверки [1].

В случае, когда $Q \leq Q_B$ и (или) $Q_{\Pi} \leq Q_{PB}$, технология либо сама может являться эталонной в отношении энергосбережения, либо базовый аналог не отвечает предъявляемым требованиям. Анализ выражений (1 а, б) показывает, что, во-первых, они неприменимы при отсутствии соответствующего базового аналога, а во-вторых, по мере сокращения исходных энергозатрат *PES* и *PDES*, будут снижаться, формально характеризуя технологию как все менее энергосберегающую. В действительности, чем значительнее ожидаемая экономия энергозатрат, тем эти показатели больше, поэтому формулы (1 а, б) правомерно применять лишь для определения их исходных значений перед проведением энергосберегающей оптимизации технологии, методика которой изложена в [6].

Практическая реализация выявленных *PES* и *PDES*, как правило, ограничивается почвенно-климатическими, агробиологическими, материально-техническими и финансовыми факторами, поэтому при энергооценке технологии следует определять их доступные значения по следующим формулам (%):

$$PES = 100 \left(1 - \frac{Q_o}{Q}\right); PDES = 100 \left(1 - \frac{Q_{\Pi o}}{Q_{\Pi}}\right), \quad (2 \text{ а, б})$$

где Q_o и $Q_{\Pi o}$ – прогнозируемые полные и прямые энергозатраты оптимизированной технологии, *МДж*.

Согласно (2 а, б), при прогнозировании энергозатрат, меньших, чем исходные, значения *PES* и *PDES* возрастают, что позволяет адекватно оценивать результаты энергосберегающей оптимизации технологии.

Базой для разработки оптимизационных мероприятий являются данные ресурсно-энергетического анализа технологических операций, позволяющие выявить нерациональные элементы их функциональной структуры, и характеристики естественно-производственных условий применения технологии:

- состояние полей по данным паспортизации;
- физические и агрохимические свойства почв;
- урожайность продукции данной культуры;
- типы, сорта и качество посевного материала;
- системы почвообработки, удобрений и защиты растений;
- составы комплектуемых МТА и стационарных агрегатов;
- фактическая годовая загрузка энергосредств и рабочих машин;
- состояние и порядок ведения технико-технологической документации;
- наличие и соблюдение норм расхода ТЭР;
- система приема, хранения, выдачи и контроля использования ТЭР и других производственных ресурсов;
- условия приема, послеуборочной обработки и хранения продукции;
- структура и объем местной ресурсно-энергетической базы;
- уровень использования новейших научных разработок;
- обеспеченность финансами для инвестиций в реновацию технологии.

Для энергоэффективности инновационных технико-технологических решений, принимаемых с целью повышения урожайности и энергосодержания продукции возделываемой культуры, необходимо изучить:

– возможность применения районированных высокоурожайных сортов посевного материала, прогрессивных видов и форм удобрений во взаимосвязи с местными (навозом, соломой, торфом, золой, компостами, сидератами, сапропелями), новейших стимуляторов роста растений;

– целесообразность изменения системы подготовки почвы к посеву путем рациональной ротации культур, применения минимальной, нулевой, разноглубинной обработки, замены пахоты дискованием и т. д.;

– актуальность улучшения системы защиты растений, сокращения расхода химикатов путем нетрадиционных обработок растений с учетом их возможностей самостоятельно бороться с сорняками, вредителями и болезнями;

– перспективы производства и использования биотоплив, в т. ч. производимых в агропредприятии из побочной продукции, отходов, примесей и остатков основной продукции, биомассы быстрорастущих энергетических растений.

Энергосберегающие мероприятия, разработанные исходя из принятых технико-технологических решений, разделяются на организационные, базисные и инвестиционные, проходят экономическую оценку и включаются в план практической реализации *PES* и *PDES* технологии (таблица 1).

Таблица 1. – Форма-бланк плана мероприятий по реализации *PES* и *PDES*

№ п. п. и наименования энергосберегающих мероприятий	Экономия энергозатрат, МДж, %	<i>PES</i> / <i>PDES</i> , %	Стоимость, тыс. руб.	Капитальные вложения, тыс. руб.	Срок окупаемости, лет	Экономический эффект, тыс. руб./год	Срок внепре- ния, месяц, год
Организационные							
1							
2							
3 и т. д.							
Базисные							
1							
2							
3 и т. д.							
Инвестиционные							
1							
2							
3 и т. д.							
Итого:							

Первый вид мероприятий касается устранения отклонений фактических показателей объектов и компонентов технологии от заявленных в соответствующей документации, а также усиления контроля над потреблением ТЭР, соблюдением эксплуатационно-технологической дисциплины, качества операций и продукции. Ко вторым относятся технико-технологические мероприятия со сроком окупаемости 1–3 года, финансируемые из средств агропредприятия, к третьим – инновационные, высокоэффективные, требующие значительных инвестиций и длительных сроков окупаемости (свыше 5 лет).

Если выполнению плана в полном объеме препятствуют материально-технические или финансовые факторы, необходимо рассмотреть компромиссные решения: привлечение дополнительных средств от спонсоров, перенос дорогостоящих позиций на более поздние периоды, включение отдельных объектов в планы работ по капитальному ремонту или обновлению. План согласовывается с инженерно-технической, агрономической и экономической службами и утверждается руководителем агропредприятия.

Заключение

Представленные методические материалы могут быть использованы для разработки единой методики выявления, оценки и реализации потенциалов полного и прямого энергосбережения обследуемой технологии растениеводства, доступных в природно-производственных условиях ее применения.

Литература

1. Методика энергетического мониторинга сельхозобъектов, выявление резервов и потенциала экономии ТЭР / В. П. Краусп [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 100 с.
2. Ушаков, В. Я. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК / В. Я. Ушаков, Н. Н. Харлов, П. С. Чубик. – Томск: ТПУ, 2015. – 283 с.
3. Колос, В. А. Алгоритмы оценки энергоэффективности производства биотоплива из растительной биомассы / В. А. Колос // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2011. – Ч. 2. – С. 90–94.
4. Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства / В. П. Елизаров [и др.]. – М.: ВИМ, 2012. – 84 с.
5. Колос, В. А. Анализ энергетической эффективности технологии производства картофеля в Северо-Западном регионе России / В. А. Колос, В. Б. Ловкис // Картофелеводство: сб. науч. тр. – Минск: РУП «НПЦ НАНБ по картофелеводству», 2009. – Т. 16. – С. 292–297.
6. Колос, В. А. Энергосберегающая оптимизация технологии растениеводства при энергоаудите / В. А. Колос, Ю. Н. Сапьян, Е. Н. Кабакова // Инновации в сельском хозяйстве: электронный журнал ВИЭСХ по итогам 10-й Междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – 2016. – № 2 (17). – С. 278–283.

УДК 639.61: 631.31.02

Поступил в редакцию 29.06.2017
Received 29.06.2017

В. В. Голдыбан, к. т. н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru*

К РАЗРАБОТКЕ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОНИКИ АНТИАДГЕЗИОННЫХ И АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Рассмотрены вопросы морфологии негладкой поверхности как бионического механизма исключительных антиадгезионных характеристик почвенных животных и их приложения к рабочим органам почвообрабатывающих машин.

Ключевые слова: сопротивление, почва, адгезия, планарная плотность, морфологическая единица, бионика.

THE DEVELOPMENT BASED ON THE ELEMENTS OF BIONICS ANTI-ADHESIVE AND ANTI-FRICTION SURFACES OF TILLAGE MACHINES

The questions of morphology nonsmooth surface as a bionic mechanism exceptional release properties soil animals and their application to the working bodies tillage machines.

Keywords: resistance, soil adhesion, planar density, morphological unit, bionics.

Введение

Анализ тенденций современного сельскохозяйственного машиностроения свидетельствует о наличии крупной проблемы, затрудняющей разработку почвообрабатывающей, посевной и уборочной техники, – адгезии и сопротивлению почвы. Адгезия почвы приводит к увеличению сопротивления при вспашке более чем на 30 %, вызывая тем самым рост энергоемкости процесса от 30 до 50 %, а также снижает энергию прорастания семян на 5–10 %. Следует отметить, что эта проблема носит межотраслевой характер. Она касается также наземного транспорта и других технических средств.

Исследования по данной проблематике ведутся многими научными центрами мира с тридцатых годов XIX века. Выполнен большой объем экспериментальных наблюдений, созданы теория натяженности почвенной влаги, пятислойная модель границы соприкосновения, теория капиллярного притяжения, модель составляющей силы, молекулярная модель на адгезионной границе соприкосновения. С конца XX века исследователи Цзилиньского университета также исследовали динамические модели поведения адгезии почвы с множественными воздействующими факторами и выполнили количественный анализ с использованием различных методов, например, экспериментальной оптимизации, фрактальной математики и анализа нейронных сетей.

Эти углубленные исследования механизма адгезии почвы значительно расширили знания в области улучшения антиадгезионных свойств и снижения сопротивления устройств, взаимодействующих с почвой. Например, российские ученые провели исследования адгезионных свойств наземных машин и гражданских инженерных машин; исследователями в Европе была предпринята попытка разработать ковш экскаватора с изогнутой поверхностью с антиадгезионными свойствами; американцам удалось понизить напряжение электрического осмоса до 45 В. Кроме того, японские ученые проводят исследования антиадгезионных свойств с использованием ультразвука; американские специалисты предприняли попытку провести очистку поверхности с помощью лазерной техники; немецкие исследователи разрабатывают новые материалы с антиадгезионными свойствами.

В предлагаемой статье нами определен ряд узких мест в данном направлении. Так, мало внимания уделено изучению морфологии негладкой поверхности как бионического механизма исключительных антиадгезионных характеристик почвенных животных и их приложения к рабочим органам почвообрабатывающих машин.

Основная часть

Наиболее отчетливо антиадгезионные и антифрикционные свойства отражены у почвенных животных. Их тела адаптированы к жизни в почве. Почвенная среда существования почвенных животных, относительно высокое влагосодержание создают условия для легкого налипания чужеродных элементов. Для предотвращения налипания уменьшается двигательное сопротивление, поверхность тела многих почвенных животных в процессе эволюции постепенно приняло макроскопическую, микроскопическую геометрически необтекаемые формы. Некоторые из моллюсков (например, *Fruticida*), кольчатые (например, навозный червь), членистоногие (например, *Gryllotalpa*, *For-micidae* и *Catharsius molossus* L.) и млекопитающие (например, *Manis pentadactyla*) и т. д. хорошо адаптировались к липкой и влажной почве, свободно перемещаются без какой-либо адгезии почвы к их телам. Почвенные животные демонстрируют исключительные антиадгезионные функции и функции снижения сопротивления не только в отношении опорно-двигательного аппарата и землеройных или роющих элементов тела, но и по всей поверхности тела. Было обнаружено, что эти специальные

функции почвенных животных являются результатом многочисленных действующих факторов, в том числе формы, морфологии, структуры, конституции их тела (т. е. материалы, химический состав и т. д.), гибкости, электроосмоса, смазки, а также объединения и совместного действия этих факторов. Следовательно, активные антиадгезионные характеристики почвенных животных формируются под действием этих факторов.

Геометрические конститутивные элементы могут демонстрировать различные механические свойства: например, жесткость, упругость или гибкость. С точки зрения размера негладкие поверхности могут быть как макроскопическими, так и микроскопическими. Антиадгезионные характеристики и характеристики снижения сопротивления негладких поверхностей почвенных животных могут быть представлены с помощью математической модели. Взаимодействие между негладкой поверхностью их тела и почвой может производить эффект микровибрации, прерывистый эффект водной пленки и эффект воздушной пленки на границе соприкосновения. Это будет создавать микровибрации на границе соприкосновения адгезии с определенными частотами и амплитудами, которые будут не только уменьшать площадь контакта и статическое время контакта, а также приведут к прерывистому распределению водной пленки, таким образом образуя несколько воздушных пленок на границе соприкосновения между телом животного и почвой. В результате как адгезионные силы, так и силы трения между поверхностью тела животного и почвой уменьшаются.

Экспериментальная часть

Понимание структуры наружного покрова почвенных животных помогает установить механизм прилипания этих насекомых и получить необходимую информацию к проектированию бионических поверхностей почвообрабатывающих и посевных машин.

Растровое электронное микроскопическое исследование было использовано для изучения геометрических конститутивных элементов наружного покрова головы и тела следующих насекомых (рисунок 1):

1. Жужелица садовая (лат. *Carabus hortensis*).

2. Бронзовка золотистая или обыкновенная (лат. *Cetonia aurata*).

3. Навозники-землерои, или навозники (лат. *Geotrupidae*) – семейство жуков, в некоторых источниках – собирательное название нескольких подсемейств жуков семейства пластинчатоусых. Большинство видов относится к подсемейству *Bolboceratinae* (примерно 500 видов). Научное название семейства «*Geotrupidae*» происходит от греческого *geos* – земля и *trypetes* – бурильщик или копальщик – «жуки-землекопы».

Исследование морфологии образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения Mira3/LMN фирмы Tescan, Чехия (рисунок 2).

В сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) исследуемая поверхность облучается тонкофокусированным электронным пучком, который может либо покоиться, либо разворачиваться в растр по поверхности образца. В результате взаимодействия возникают вторичные электроны, отраженные электроны, характеристическое рентгеновское излучение и фотоны различных энергий. Они рождаются в определенных объемах (областях генерации внутри образца) и используются для измерения многих его характеристик (состава, топографии поверхности, кристаллографической ориентации и т. д.).



а) жужелица



б) бронзовка золотистая



в) навозник-землерой

Рисунок 1. – Исследуемые образцы

Одна из важных особенностей СЭМ состоит в том, что он позволяет наблюдать топографию твердого тела с разрешением и глубиной резкости, значительно превосходящими соответствующие показатели световых микроскопов.

Информация при исследовании поверхности переносится отраженными вторичными электронами и другими имитирующими сигналами. Толщина образца практически не влияет на результат, как это имеет место в просвечивающей электронной микроскопии, где информация переносится прошедшими электронами, которые проникают в образец не более чем на 0,1 мкм.

Микроскоп оснащен детекторами вторичных электронов (SE) и обратно отраженных электронов (BSE), которые позволяют проводить исследование образцов в двух режимах.

При съемке образцов в режиме вторичных электронов (SE) контраст на изображении создается за счет отражения электронного пучка от поверхности образца. В случае исследования при помощи детектора обратно отраженных электронов (BSE) контраст на картинке создается за счет разности «усредненных» атомных номеров.

Съемка проводилась при ускоряющем напряжении 15 и 20 кВ.

Предварительно образцы напыляют тонким слоем золота для лучшего стекания тока.

Тип используемого детектора, увеличение и другие параметры съемки указаны в информационной строке внизу каждого кадра.

Результаты исследований представлены на рисунках 3–5.



Рисунок 2. – Сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения Mira3/LMH

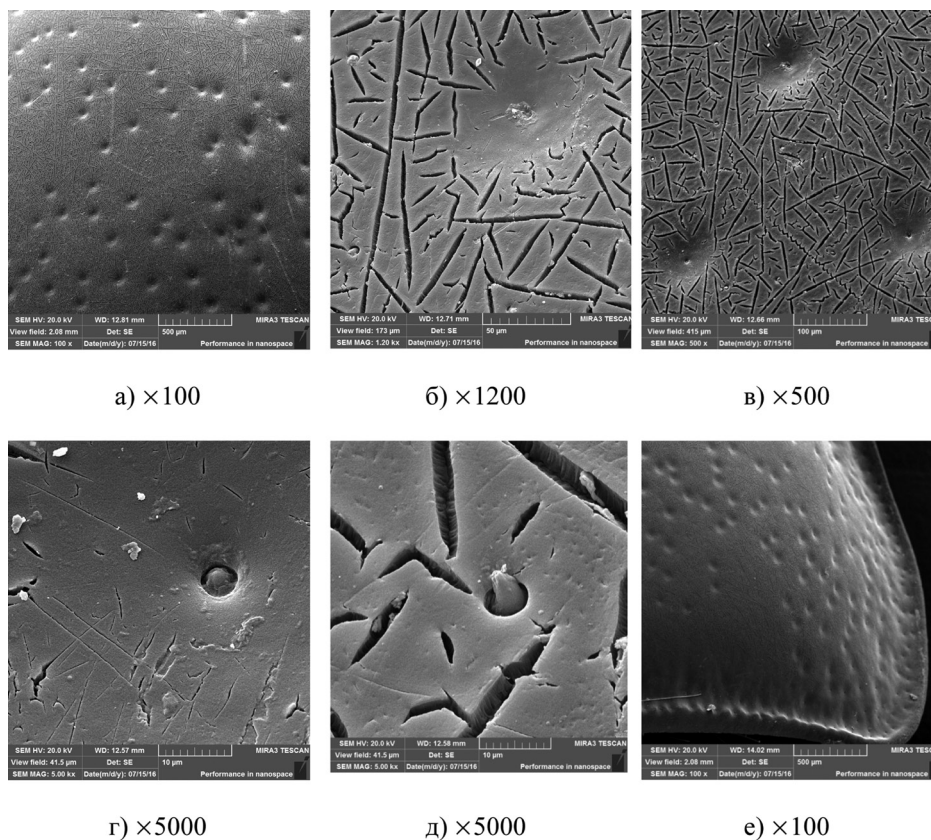


Рисунок 3. – Морфология головы навозника-землероя

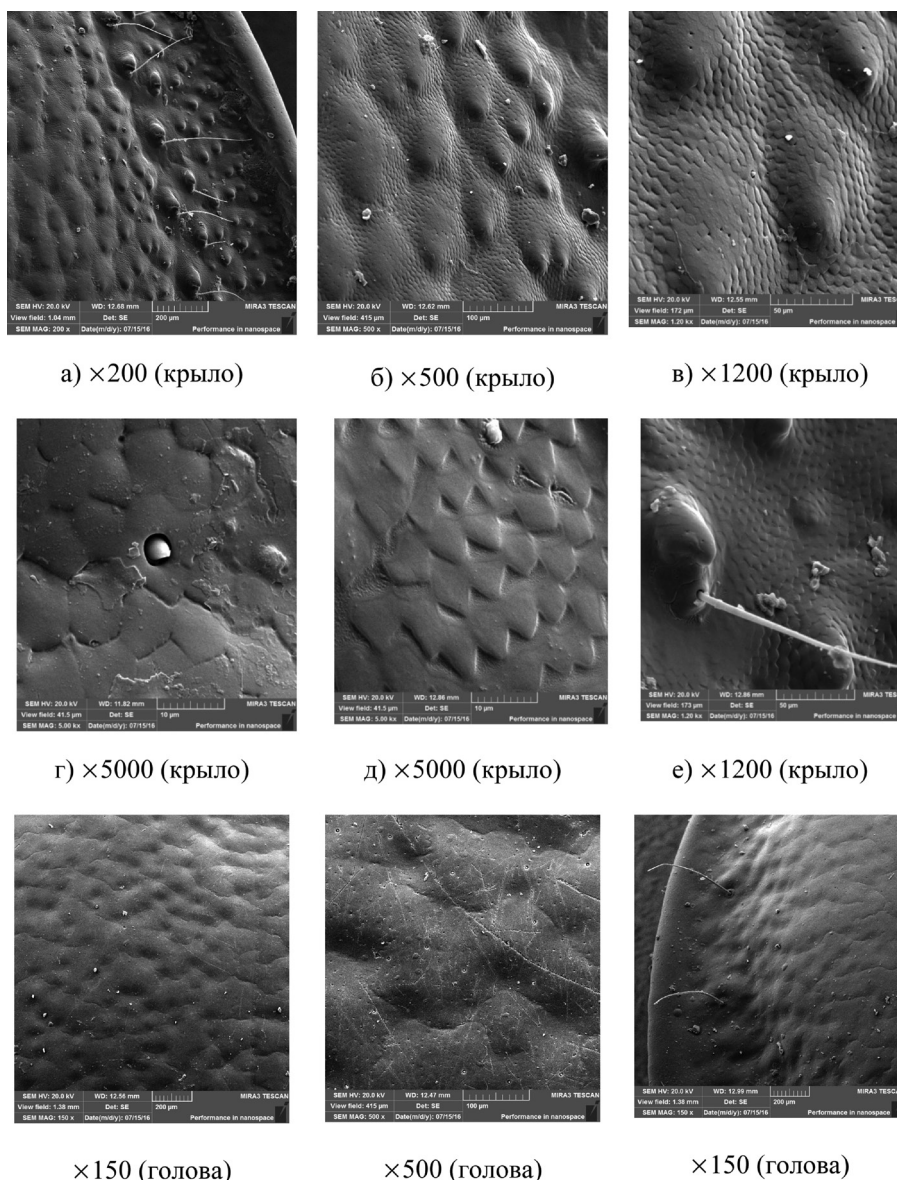


Рисунок 4. – Морфология поверхности жувелицы садовой

Навозник-землерой. Внешняя поверхность стенок навозного жука содержит щетины, впадины, надкрылья, продольные борозды, большое количество трещин и узких щелей, образующих негладкую поверхность навозного жука. Самые распространенные по всему организму впадины маленькие, округлой формы (рисунок 3 а, в и е). В их центре находится цилиндрическая полость, в середине – щетина (рисунок 3 б и д). Впадины на разных частях различаются по некоторым параметрам, например глубине, диаметру (50–80 μm), длине щетины, форме периферических краев, расстоянию между их центрами (100–500 μm). Многочисленные разные виды впадин с цилиндрической полостью и щетиной были подробно описаны Стайнманом (1981). Возможно, функцией данной щетины является осязание (Детер, 1953).

Бронзовка золотистая. На внешней передней и боковой стороне головы имеется плотно расположенное тиснение подковообразной формы (рисунок 5), на средней части прогиба находятся короткие щетины, они имеют форму роговидного образования, расположенного в центре (рисунок 5 б, г, е).

Плотность расположения подковообразных прогибов у края головы больше, чем в центре. Видимо, это связано с тем, что большую нагрузку при перемещении в почвенной среде испытывает крайняя часть головы, нежели центральная.

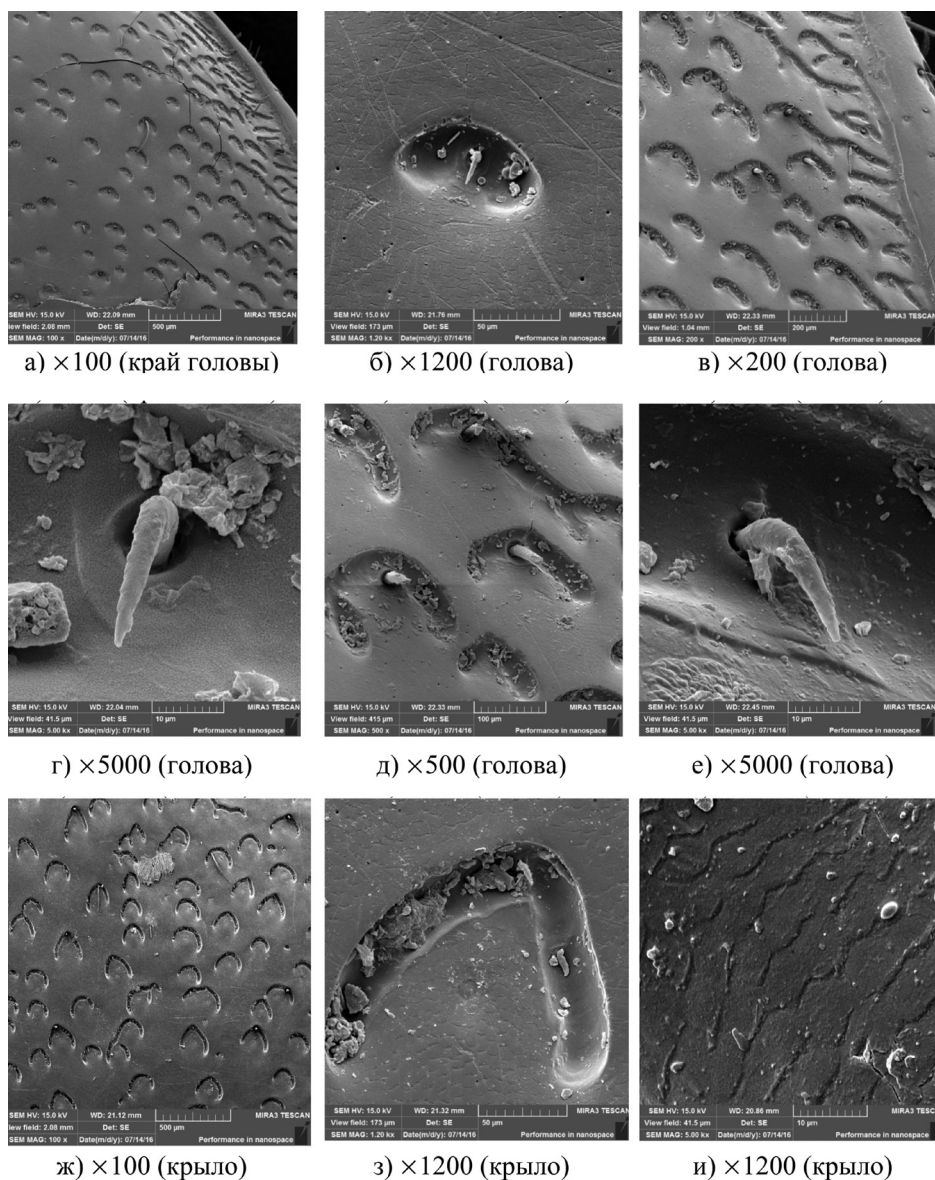


Рисунок 5. – Морфология поверхности бронзовки золотистой

В головной части исследуемого образца тиснение подковообразной формы из наиболее углубленной части плавно выходит на поверхность. Подковообразные элементы своей выпуклой частью располагаются в сторону, противоположную направлению перемещения почвенной среды. Высота подковообразного элемента в головной части колеблется от 80 до 100 μm , а ширина – от 40 до 60 μm .

Крылья: задняя поверхность крыльев также имеет повсеместно подковообразные элементы, которые своей формой отличаются от тиснений на голове (рисунок 5 ж–и). Высота подковообразного элемента в головной части колеблется от 130 до 200 μm , а ширина – от 90 до 200 μm при глубине врезания в поверхность 5–10 μm .

Жужелица садовая. Поверхность крыльев жужелицы существенно отличается от покрова описанных выше образцов, для нее характерна ярко выраженная чешуйчатая поверхность. Мы полагаем, что негладкую чешуйчатую поверхность можно использовать для максимального уменьшения сопротивления различных поверхностей. Так, немецкие ученые из Технологического института Карлсруэ при помощи волоконно-оптического лазера создали сталь со структурированной чешуйчатой поверхностью. Проведя измерения сил трения, ученые пришли к выводу, что узкие чешуйки на поверхности металла позволяют снизить трение по сравнению с гладкими поверхностями и уменьшают износ различных механизмов.

Определение плотности расположения морфологических единиц

Для приложения приведенных выше результатов исследования к проектированию антиадгезионных и антифрикционных поверхностей почвообрабатывающих рабочих органов следует определить плотность расположения морфологических единиц на поверхности тела исследуемых образцов.

Для более равномерного распределения бионических элементов на рабочей поверхности с одинаковой плотностью выберем гексагональную схему расположения, для которой характерно их расположение в углах равностороннего треугольника ΔABC с длиной стороны l .

Плотность расположения морфологических единиц (*Planar density* – PD) в виде впадин из полусфер радиусом r определится по выражению:

$$PD = \frac{S_6}{S_{\Delta ABC}},$$

где $S_6 = 3 \cdot S_{м.эл.}$ – площадь (суммарная) впадин внутри ΔABC ; $S_{\Delta ABC}$ – площадь равностороннего треугольника ΔABC высотой h и длиной стороны l ; $S_{м.эл.}$ – площадь части морфологических элементов, заключенных внутри $S_{\Delta ABC}$.

$$S_6 = 3 \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{\pi \cdot r^2}{2};$$

$$S_{\Delta ABC} = \frac{1}{2} \cdot h \cdot l = \frac{\sqrt{3} \cdot l^2}{4}.$$

Таким образом,

$$PD = \frac{2 \cdot \pi \cdot r^2}{\sqrt{3} \cdot l^2}. \quad (1)$$

Для учета неполных и частично полных морфологических элементов, расположенных по краям рабочего органа, введем поправочный коэффициент k :

$$k = \frac{N + \sum n_i}{N}, \quad (2)$$

где N – число полных морфологических элементов по краям рабочего органа; $\sum n_i$ – число неполных и частично полных морфологических элементов.

С учетом (2) выражение (1) запишется:

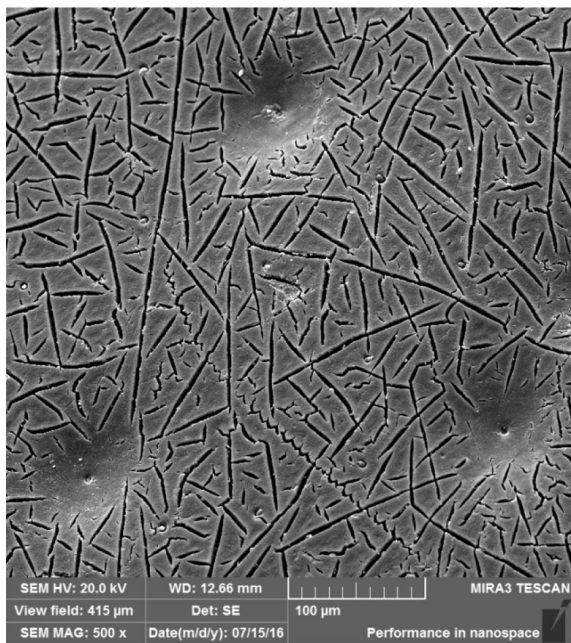
$$PD = \frac{2 \cdot \pi \cdot r^2}{k^2 \cdot \sqrt{3} \cdot l^2}. \quad (3)$$

Для определения наиболее характерного расстояния между центрами морфологических единиц исследуемых образцов (рисунок 6а и 8а) соединим между собой их центры согласно рисункам 6б и 8б.

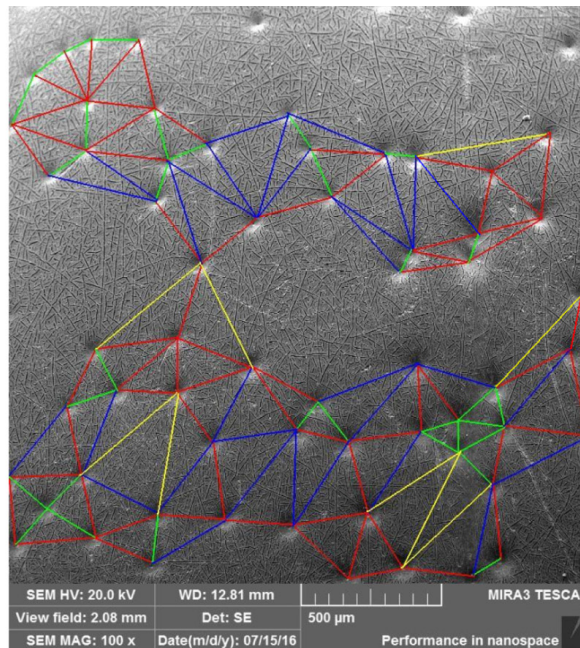
Объединим расстояния между центрами морфологических единиц в группы и представим их в виде диаграмм (рисунки 7 и 9).

Согласно рисункам 6 и 7, впадины расположены на поверхности навозника-землероя с расстоянием между центрами от 100 до 500 μm . Наиболее характерное расстояние – 200–300 μm .

Согласно рисункам 8 и 9, подковообразные морфологические элементы расположены на поверхности бронзовки золотистой с расстоянием между центрами от 100 до 600 μm . Наиболее характерные расстояния – 200–300 и 300–400 μm , предпочтительное расстояние – 200–300 μm .



а)



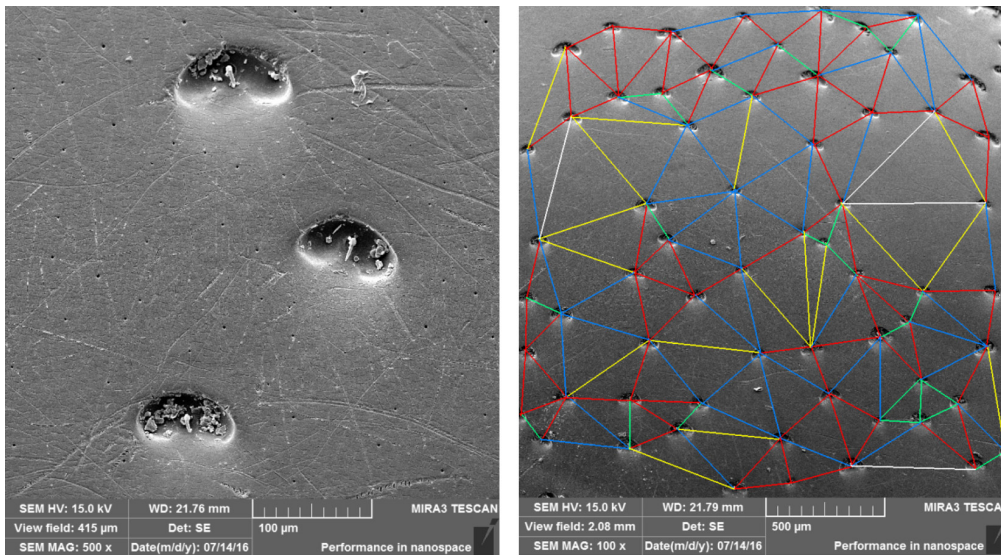
б)

а) морфологические единицы; б) определение расстояний между морфологическими единицами

Рисунок 6. – К определению плотности морфологических единиц навозника-землероя



Рисунок 7. – Диаграмма к определению плотности морфологических единиц навозника-землероя



а)

б)

а) морфологические единицы; б) определение расстояний между морфологическими единицами
 Рисунок 8. – К определению плотности морфологических единиц бронзовки



Рисунок 9. – Диаграмма к определению плотности морфологических единиц бронзовки

Заключение

Зная размер морфологических единиц и расстояние между их центрами, используя выражения (1) и (3), можно рассчитать плотность расположения морфологических единиц на поверхности тела исследуемых образцов. Так, к примеру, для навозника-землероя наиболее предпочтительным является $PD = 0,036$ или $0,092$, для бронзовки $PD = 0,064$ или $0,08$. Полученные значения планарной плотности послужат исходным материалом для построения антиадгезионных и антифрикционных поверхностей почвообрабатывающих и посевных машин.

Литература

1. Стейнман, Х. Строение насекомых / Х. Стейнман, Л. Зомбори. – Будапешт: Академия Киадо, 1981. – С. 294–299, 306–309.
2. Дэтер, В. Г. Механорецепция / В. Г. Дэтер; под ред. К. Д. Редер // Физиология насекомых. – Нью-Йорк: Джойн Уайли&Санс, 1953. – С. 523–543.

А. В. Голубкович¹, д. т. н., **В. А. Колос¹**, к. т. н., **В. Б. Ловкис²**, к. т. н., доц.,
А. Н. Дадько¹, аспирант

¹ФГБНУ «Федеральный научный агротехнический центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация
e-mail: agolubkovich@yandex.ru

²УО «Белорусский аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ФАКЕЛЬНО-ВИХРЕВОГО РЕЖИМА СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТОПКЕ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Приведены методика и результаты исследования аэродинамики факельно-вихревого режима сжигания растительных отходов (РО) на изотермической модели топки. РО в виде лузги подсолнечника и сечки соломы подавали в топочную камеру модели вместе с первичным воздухом. Эксперименты проводили для 3 вариантов подачи вторичного дутья: со стороны ввода РО в камеру, с противоположной стороны и с обеих сторон. Оценивали степень и равномерность ее заполнения, интенсивность вращения образующихся циркуляционных контуров (вихрей) двухфазного потока материала (РО и топочных газов) в зависимости от скорости воздуха, ограничиваемой условием минимального выпадения частиц на наклонную решетку камеры. Определены условия образования, количество, интенсивность вращения вихрей и расходная концентрация материала при различной подаче первичного воздуха в камеру модели. Установлено, что организация одного вихря со скоростью вращения 8 м/с или двух со скоростью 4 и 6 м/с при коэффициенте избытка воздуха 1,3–1,4 обеспечивает наибольшее заполнение камеры частицами материала, минимальное выпадение их из вихрей и расход РО в пределах 0,2–0,3 кг/кг воздуха. Результаты моделирования предназначены для совершенствования конструкции и режимов работы серийного твердотопливного топочного блока ТБР-2,0 производства ОКБ по теплогенераторам (г. Брянск).

Ключевые слова: растительные отходы, сжигание, топочный блок, модель, факельно-вихревой режим, расходная концентрация материала.

V. A. Golubkovich¹, V. A. Kolos¹, V. B. Lovkis², A. N. Dadyko¹

¹FSBSI «Federal scientific agrarian engineering center VIM», Moscow, Russian Federation
e-mail: agolubkovich@yandex.ru

²Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university», Minsk, Republic of Belarus

MODELLING OF AERODYNAMICS OF THE TORCH AND VORTEX MODE OF BURNING OF VEGETABLE WASTE IN THE FURNACE OF GRAIN DRYER

The technique and results of a research of aerodynamics of the torch and vortex mode of burning of the vegetable waste (VW) in isothermal model of a fire chamber is given. VW in the form of the pod of sunflower and the straw cutting gave to the furnace camera of model the place with primary air. Experiments were made for 3 options of submission of secondary blasting: from input of the VW in the camera, from the opposite side and on both sides. The level and uniformity of its filling, intensity of rotation of the formed circuital circuits (curls) of a two-phase flow of material (VW and furnace gases) were evaluated, depending on the speed of air restricted by a condition of the minimum drop-out of particles on an oblique grid of the camera. Education conditions, quantity, intensity of rotation of curls and account concentration of material in case of different submission of primary air in the model camera are defined. It is set that the organization of one curl at rotational speed of 8 m/s or two with a speed of 4 and 6 m/s in case of coefficient of excess of air 1,3–1,4 provides the greatest filling of the camera with particles of material, their minimum drop-out from curls and the expenditure VW within 0,2–0,3 kg/kg of air. Results of modeling are intended for improvement of a design and operating modes of the serial solid fuel furnace block TBR-2,0 of production of PDB on heat generator (Bryansk).

Keywords: vegetable waste, burning, furnace unit, model, torch and vortex mode, rate concentration of material.

В сельском хозяйстве и пищевой промышленности при сушке зерна подсолнечника, кукурузы и крупяных культур сушильные установки серий СЗТ, СП и т. п. агрегируются с топочными блоками ТБР-2,0, работающими на РО широкого спектра [1]. При их настройке по режимным графикам большое внимание уделяется регулированию расхода воздуха, зависящего от структу-

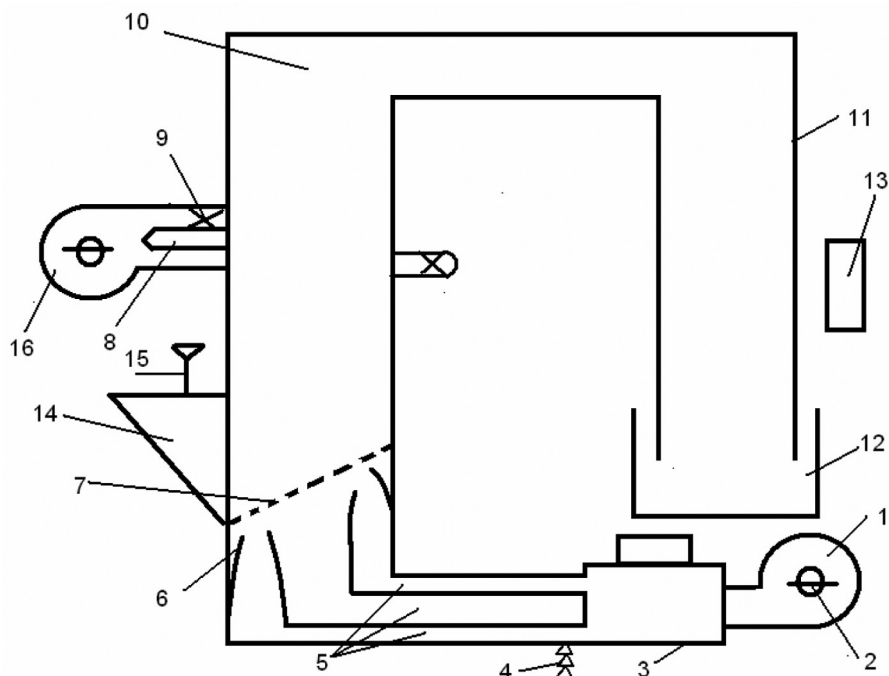
ры течения двухфазного потока материала в топочной камере. Проблемам эффективности сжигания РО в топочных устройствах посвящен ряд научных работ, в частности [2–4], однако процессы горения при различной аэродинамике вихревых течений исследованы недостаточно. Данная работа выполнялась с целью определения аэродинамических показателей факельно-вихревого режима сжигания РО в виде лужи подсолнечника и сечки соломы: скоростей первичного дутья, условий образования, числа и интенсивности вихрей в топочной камере, степени ее заполнения материалом, коэффициента избытка воздуха, расхода РО.

Исследования проводили на изотермической модели топки толщиной 0,1 м и высотой 1,5 м со стеклянными вставками для визуализации процесса горения (рисунок 1).

В бункер 14 подавали навеску РО, открывали задвижку 15 и наблюдали за процессом образования и движения потока материала в топочной камере. Подачу воздуха осуществляли вентилятором 1, расход регулировали задвижкой 2, первичное дутье – задвижками 4, вторичное от вентилятора 16 – задвижками 9. В нижней части камеры располагалась 3-секционная решетка 7 с регулируемым углом наклона. Частицы РО, подаваемые в камеру, взвешивались в восходящем воздухе с образованием двухфазного вихревого потока материала, который поступал в шахту воздухоподогревателя и сепарировался в емкость 12.

Аэродинамические характеристики вихревого потока материала исследовали в 3 поперечных сечениях камеры по высоте при подаче вторичного дутья по трем вариантам: со стороны ввода РО, с противоположной стороны и с обеих сторон. В зависимости от направления дутья изменялся профиль скорости потока в той части камеры, где происходит воспламенение частиц РО. При подаче дутья по варианту 1 максимум осевой составляющей скорости смещался к противоположной стене камеры. При дутье по варианту 2 профиль скорости близок к симметричному во всех поперечных сечениях камеры, по варианту 3 – смещен в сторону ввода РО.

При экспериментах учитывали следующее [4]: для сжигания лужи с избытком воздуха $\alpha_1 = 1,3...1,4$ температура топочных газов может достигать 1100 °С и более, тогда как на входе в воздухоподогреватель из углеродистой стали она не должна превышать 800...850 °С. Поэтому доля вторичного воздуха для разбавления топочных газов должна быть достаточно весома, при-



1, 16 – вентиляторы; 2, 4, 9, 15 – клапаны; 3 – калорифер; 5 – воздушные каналы; 6 – сопло; 7 – решетка; 8 – труба; 10 – переходник; 11 – шахта воздухоподогревателя; 12 – емкость; 13 – измерительный комплекс «Терем-4»; 14 – бункер

Рисунок 1. – Технологическая схема модели топки

мерно 60...80 % относительно первичного. При большой начальной скорости вторичного дутья может проходить нежелательный «наброс» факела на стенку топки, поэтому целесообразно обеспечивать симметричный профиль скоростей путем работы топочной камеры по вариантам 2 и 3. В случае сжигания РО влажностью более 14 %, когда температура на входе в воздухоподогреватель не превышает 800 °С, предпочтителен вариант 3, так как в этом случае профиль осевой составляющей скорости потока более симметричен, что обеспечивает равномерный прогрев топочной камеры.

За счет действия гравитационных сил происходит разделение потоков с формированием вихря и слоя частиц, перемещающегося по решетке. При избыточной подаче РО и переполнении топочной камеры наблюдалось «захлебывание» вихревого потока, материал выпадал на решетку и при образовании слоя начинал фонтанировать. Интенсивный вынос частиц материала из камеры приводил к самоочистке решетки и к последующему возобновлению вихревого течения. Удержание частиц без вторичного воздуха было малоэффективным, а концентрация – незначительной. Наиболее крупные частицы не взвешивались и не увлекались воздушным потоком, а осаждались на решетку камеры и смещались в крайнюю секцию. При скорости воздуха, на 15–20 % превышавшей критическую отметку, происходило их взвешивание, и через некоторое время весь материал с решетки вовлекался в вихри.

Экспериментально установлено, что доли площадей секций решетки (начиная от фронтальной стенки камеры), обеспечивающие устойчивый факельно-вихревой режим, при котором обратные токи вихрей стабильно подают частицы в сторону ввода РО, составляют соответственно 23 %, 0,6 % и 0,17 % от общей ее площади. В случае подачи воздуха через крайние секции решетки происходило образование одного циркуляционного вихря и при скорости воздуха $V_b = 1,2 \text{ м/с}$ осевая скорость потока V_o достигала 8 м/с. При подаче воздуха через две секции решетки с образованием двух вихрей она не превышала 4 и 6 м/с соответственно. Подача дутья в одну секцию решетки обеспечивает более интенсивные возвратные токи, чем в две, поэтому, несмотря на большую массу осаждающихся на решетке частиц, происходит стабильное вовлечение их в вихревой контур. В экспериментах по сжиганию лузги и сечки соломы это происходило даже при минимальной подаче при угле наклона решетки соответственно 20 и 30°.

Факельно-вихревой режим существенно увеличивает степень заполнения топочной камеры и интенсивность циркуляции материала в ней по сравнению с факельным режимом, создавая более благоприятные условия для повышения теплонапряженности. Для формирования вихрей в топочной камере, в верхней части которой размещен воздухоподогреватель, необходим больший импульс вторичного дутья, чем при факельном режиме, достигаемый путем более ин-

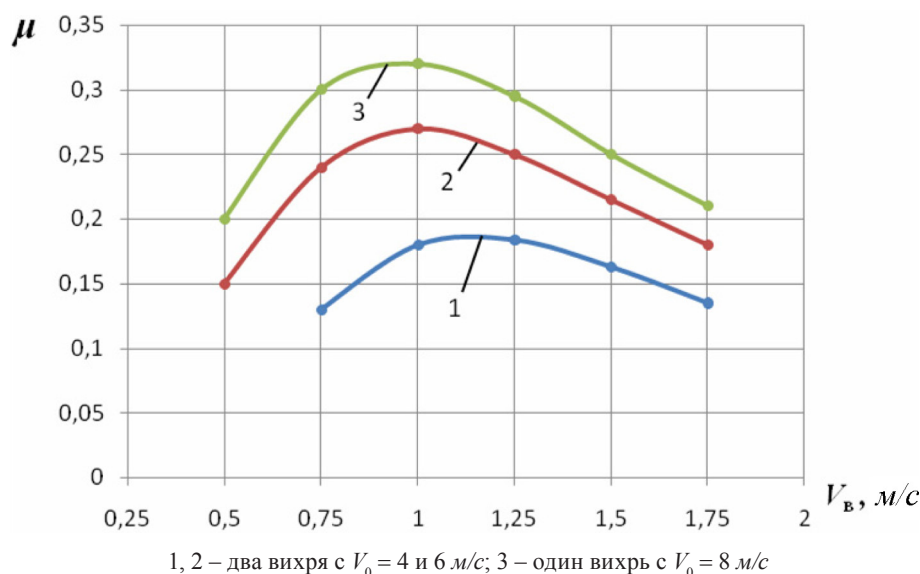


Рисунок 2. – Зависимости расходной концентрации материала при факельно-вихревом режиме

тенсивного дутья в сторону периферийных зон камеры, усиливающего вихревое течение, перемешивание, выгорание, теплообмен, сепарацию и удерживание максимального количества частиц в вихрях.

Зависимости изменения расходной концентрации лузги μ в камере модели к средней скорости воздуха V_v при факельно-вихревом режиме показывают (рисунок 2), что лучшее заполнение частицами объема камеры, способствующее равномерному тепловому напряжению, реализуется при организации двух вихрей, хотя большая масса частиц взвешивается при одном вихре.

Способность вихревых течений удерживать частицы, характеризуемая величиной μ , в большей степени зависит от скорости дутья, чем от количества вихрей, причем независимо от числа вихрей и осевой скорости потока имеется четко выраженный экстремум μ от скорости вторичного дутья.

Заключение

Исследование аэродинамики факельно-вихревого режима сжигания лузги и сечки сухой соломой на модели топки показало, что для повышения теплонапряженности топочного объема целесообразна организация двух вихрей со средней осевой скоростью потока 4...6 м/с. Средняя скорость дутья по сечению камеры должна поддерживаться в пределах 1,0–1,2 м/с, что обеспечит коэффициент избытка первичного воздуха в пределах 1,3–1,5 при расходе РО в пределах 0,2–0,3 кг/кг воздуха. Представленные материалы и данные предназначены для практического использования при совершенствовании конструкции и отработке режимов работы серийного твердотопливного топочного блока ТБР-2,0 производства Брянского ОКБ по теплогенераторам.

Литература

1. Оборудование для послеуборочной обработки зерновых культур: проспект. – Брянск: ООО «ОКБ по теплогенераторам», 2016. – 20 с.
2. Голубкович, А. В. К вопросу о сжигании растительных отходов в топках зерносушилок / А. В. Голубкович, В. А. Колос, А. Н. Дадыко // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 236–238.
3. Беленькая, Л. И. Альтернативные источники тепловой энергии для зерносушилок / Л. И. Беленькая, А. В. Голубкович, А. Н. Дадыко, Н. А. Марин // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2013. – Ч. 2. – С. 35–39.
4. Голубкович, А. В. Топки на растительных отходах: процессы, конструкции, режимы, расчеты / А. В. Голубкович. – М.: ГНУ ВИМ, 2011. – 172 с.

УДК 658.35:67

Поступил в редакцию 02.04.2017
Received 02.04.2017

А. Л. Мисун, аспирант, **Н. Ф. Моисеенко**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: SLM_90@mail.ru*

К ВОПРОСУ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Проанализированы основные причины производственного травматизма в период проведения уборочных работ. Предложено техническое решение для снижения производственного травматизма.

Ключевые слова: уборка, комбайн, ступенька, производственный травматизм, безопасность труда, мобильная сельскохозяйственная техника.

TO THE QUESTION OF SAFETY IN THE OPERATION OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY

Analyzed the main causes of occupational injuries in the period of harvesting. The proposed technical solution for reducing industrial injuries.

Keywords: harvesting, harvester, step, occupational injuries, occupational safety, mobile farm equipment.

Основными причинами, приводящими к травмированию работников в период проведения уборочных работ, являются: невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда; привлечение потерпевших к выполнению работ не по специальности, без обучения, стажировки, проверки знаний и инструктажа по охране труда; нахождение на рабочем месте в состоянии алкогольного опьянения; некачественно разработанные инструкции по охране труда; нарушения требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов и оборудования; использование неисправной техники. Для устранения указанных недостатков в первую очередь необходимо:

- обеспечить безусловное соблюдение требований Правил по охране труда при производстве и послеуборочной обработке продукции растениеводства [1] и Правил по охране труда при производстве продукции животноводства [2];

- при привлечении к работе несовершеннолетних необходимо строго руководствоваться Положением об участии несовершеннолетних в сельскохозяйственных работах, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 июня 1999 г. № 860;

- приостанавливать работы в случаях возникновения опасности для жизни работников, нарушения требований безопасности и несоблюдения ими трудовой и производственной дисциплины;

- перевозить работников к месту работы и обратно только на специально оборудованном автотранспорте;

- обеспечивать контроль за проведением предрейсовых и послерейсовых медицинских освидетельствований водителей и механизаторов;

- укомплектовывать мобильную сельскохозяйственную технику (МСХТ) первичными средствами пожаротушения, емкостями для воды, медицинскими аптечками и исправным набором инструментов;

- к работе на МСХТ допускать работников соответствующей квалификации;

- исключить случаи допуска к эксплуатации тракторов, сельскохозяйственных машин и агрегатов, не отвечающих требованиям безопасности, не прошедших технических осмотров в Гостехнадзоре.

Непосредственно при работе зерноуборочного комбайна требуется соблюдение следующих мер предосторожности [3]:

- подавать звуковой сигнал перед запуском двигателя, перед включением рабочих агрегатов до начала движения комбайна;

- убедиться перед троганием с места, освобожден ли стояночный тормоз (об этом свидетельствует отсутствие свечения контрольной лампы красного света на щите приборов);

- соблюдать скорость движения комбайна на поворотах и разворотах при максимально допустимых уклонах (должна быть снижена до 3–4 км/ч);

- не допускать нахождения посторонних лиц в кабине комбайна при его работе;

- не допускать нахождения людей впереди жатки во время работы и при движении комбайна;

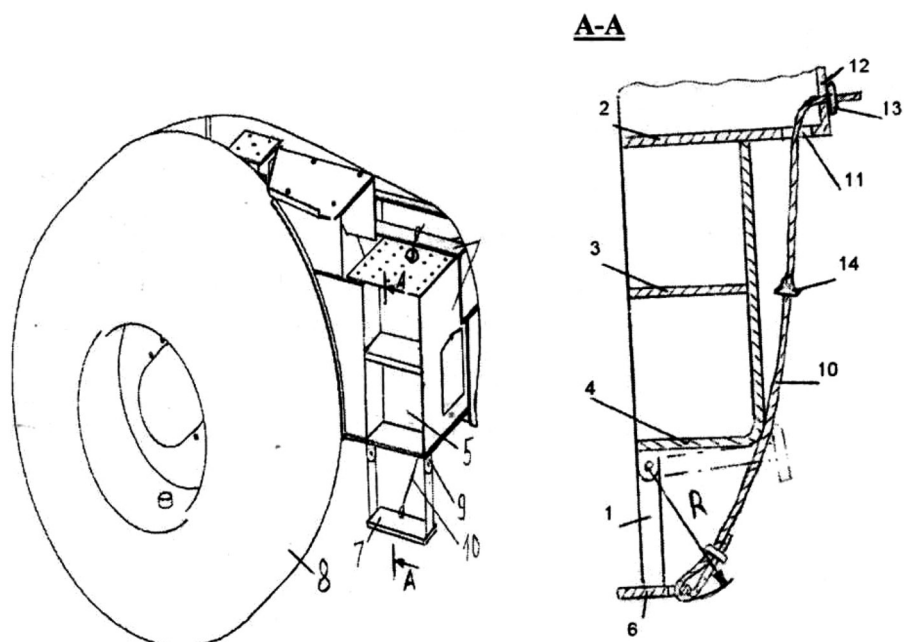
- соблюдать особую осторожность вблизи открытых вращающихся деталей и механизмов комбайна (валов, звездочек, ремней, цепей, мотовила);

- не смазывать подшипники и другие трущиеся части при работающем двигателе;

- следить за исправностью предохранительных клапанов, ограничивающих максимальное давление в гидроприводе, что позволяет избежать разрывов гидрошлангов и получения травмы;
- содержать кабину комбайна в надлежащем состоянии, не загромождать ее посторонними предметами. В кабину подниматься только по лестнице.

Для повышения удобства и прочности лестницы, условий труда комбайнера предлагается ее дооборудовать дополнительной ступенькой (рисунок 1). В целесообразности такого подхода учтен немаловажный фактор – высокий клиренс ходовой части комбайна.

Дополнительная ступенька лестницы комбайна (рисунок 1) содержит расположенную в зоне дверного проема кабины транспортного средства П-образную рамку, которая размещена в расположенной под стационарными соответственно верхней, средней и нижней ступеньками кабины нише рамы комбайна. Поперечно ориентированный участок П-образной рамки образует подножку, а ее свободные концы шарнирно, с возможностью поворота в параллельных оси вращения колеса комбайна вертикальных плоскостях, сопряжены с нижней поверхностью нижней стационарной ступеньки с помощью прикрепленных к ней кронштейнов. К внутренней части подножки прикреплен конец каната, который огибает стационарные ступеньки кабины с их внутренней стороны, проникает через сквозное отверстие в стационарной верхней ступеньке кабины и стопорится в сквозном пазу с открытой сверху вертикальной прорезью вертикальной стенки рамы комбайна с помощью закрепленных на канате верхней и нижней стопорных шайб. Диаметр нижней стопорной шайбы меньше, а диаметр верхней стопорной шайбы больше диаметра сквозного отверстия в стационарной верхней ступеньке кабины, при этом нижняя стопорная шайба имеет наружную форму в виде обращенного меньшим основанием вверх усеченного кругового конуса, а расстояние по канату в его прямом расправленном состоянии между нижними опорными поверхностями стопорных шайб равно $14 R/2$, то есть в первом приближении $1,6 R$ (где R – радиус относительно оси поворота нижней точки каната). При эксплуатации ступенька лестницы комбайна имеет два положения: нижнее положение ступеньки (подножки) при открытой двери комбайна и верхнее положение подножки при закрытой двери. Перевод дополнительной ступеньки (подножки) в нижнее и верхнее положения осуществляется вручную с помощью каната при его стопорении в сквозном пазу вертикальной стенки рамы комбайна с помощью закрепленных на канате верхней и нижней стопорных шайб.



- 1 – П-образная рамка; 2, 3, 4 – соответственно верхняя, средняя и нижняя ступеньки; 5 – ниша; 6 – рама комбайна;
 7 – складывающаяся ступенька; 8 – колесо; 9 – кронштейн; 10 – канат; 11 – сквозные отверстия;
 12 – паз; 13, 14 – стопорные шайбы

Рисунок 1. – Схема ступеньки лестницы МСХТ

На изобретение «Ступенька транспортного средства» (авторы: Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, А. Л. Мисун, А. Н. Гурина) 28.03.2017. получено положительное решение о выдаче патента 21154 Республики Беларусь.

Литература

1. Правила по охране труда при производстве и послеуборочной обработке продукции растениеводства // Библиотека журнала «Ахова працы». – 2008. – № 9. – С. 125–244.
2. Правила по охране труда при производстве продукции животноводства // Библиотека журнала «Ахова працы». – 2008. – № 8. – С. 13–53.
3. Методические подходы и практические рекомендации по повышению безопасности труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники: практическое пособие / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – 104 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Яковчик С. Г., Бакач Н. Г., Салапура Ю. Л., Дыба Э. В. Создание инновационной сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь	3
Морозов Н. М. Ресурсосбережение – основа повышения эффективности продукции животноводства	9
Савиных П. А., Булатов С. Ю. Совершенствование оборудования для приготовления сыпучих и влажных кормов	15
Степук Л. Я. Агроинженерная наука – главный вектор научных сил в решении государственно значимых проблем сельского хозяйства Республики Беларусь	22
Завражных А. А., Завражных А. И., Ланцев В. Ю. Научно-технологический облик современного промышленного садоводства России. Концепции, принципы и задачи	29
Бакач Н. Г., Рисевец А. В. Пути становления агроинженерной науки и Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (часть 1)	34
Кравчук В. И., Гусар В. Г. Агроинженерия: цели и задачи исследований на современном этапе	39
Степук Л. Я., Бегун П. П., Микульский В. В. Результаты приемочных испытаний распределителя минеральных удобрений штангового к рассеивателю РМУ-11000	44
Лойко С. Ф., Тарима А. И., Карпунин В. И. Особенности конструкции и применения машин для приготовления льнотресты	48
Степук Л. Я., Бегун П. П., Лепешкин Н. Д. Недобор и потери урожая как следствие отсутствия стратегии технического обеспечения сельского хозяйства страны	53
Трофимович Л. И. Средства механизации для уборки стебельчатых кормов, запрессованных в тюки или рулоны	59
Буяшов В. П., Кузнецова С. Н., Горный А. В., Кугач Н. Н., Акулич М. Ф. Модернизация картофелеуборочных комбайнов КПК-2-01, КПК-2-02 и КПК-3	68
Герук С. Н., Довбиш А. П. Влияние возмущений колебаний вибросепаратора на динамику зерновой смеси	72
Бакач Н. Г., Володкевич В. И., Шах А. В. Научно-техническое обеспечение реализации инновационных технологий производства основных видов продукции растениеводства	78
Голдыбан В. В., Барановский И. А., Антоненко А. Н. Результаты испытаний опытного образца сажалки грядовой СГ-2	84
Бакач Н. Г., Володкевич В. И., Шах А. В. Оценка эффективности применения машин и оборудования для производства и закладки на хранение основных видов столовых корнеплодов	89
Бакач Н. Г., Лабоцкий И. М., Иванов М. В. Техническое обеспечение уплотнения кормов в траншейных хранилищах	94
Лабоцкий И. М. Техника для скашивания трав. Состояние и перспективы развития	97
Лабоцкий И. М. Повышение качества и сохранности кормов из провяленных трав путем обработки консервантами, прессования в тюки и хранения их в полимерных рукавах	103
Чумаков В. В., Барановский И. В., Чеботарев В. П., Жилич Е. Л. Состояние и перспективы развития производства семян трав в Республике Беларусь	106
Лепешкин Н. Д., Аутко А. А., Заяц Э. В., Филиппов А. И., Заяц П. В., Зень А. В. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки с минимальной пестицидной нагрузкой картофеля и овощных культур	109

Бегун П. П., Рассошенко К. М. О совершенствовании дозирующего устройства машины МПН-16	113
Басаревский А. Н., Кравчинин К. А., Мажугин И. Е. Оценка потенциала использования камышово-тростниковой растительности на водно-болотных угодьях Беларуси	117
Лепешкин Н. Д., Филиппов А. И., Заяц Э. В. Моделирование разбрасывания твердых минеральных удобрений на дисковом разбрасывателе	122
Перепечаев А. Н., Карпунин В. И. О целесообразности разработки машины для доочеса семян	126
Чеботарев В. П., Перепечаев А. Н., Рапинчук А. Л. Совершенствование режимов работы льноперерабатывающего оборудования	129
Крук И. С., Биза Ю. С. Использование дополнительных демпфирующих элементов в конструкциях полевых опрыскивателей для обеспечения плавности хода штанги	133
Крук И. С., Назаров Ф. И., Чигарев Ю. В., Бакач Н. Г., Тарасевич И. А., Пантелеева Ж. И. Определение параметров движения частиц почвенного пласта в процессе обработки оборотными плугами	138
Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х. Дозирующая система пневматического высевального аппарата, работающая на избыточном давлении воздуха	143
Ахалая Б. Х., Смирнов И. Г., Царькова Т. В. Садовый инструмент	146
Перекопский А. Н. Параметры процесса сушки высоковлажного зерна на карусельной сушилке	148
Завражнов А. А., Завражнов А. И., Ланцев В. Ю. Состояние инженерного обеспечения питомниководства.	152
Ланцев В. Ю., Завражнов А. А., Завражнов А. И., Ибраев А. С. Технические средства для подготовки участка под закладку маточника и питомника	156
Панасюк В. И., Пятаченко В. И. Исследование влияния осаждающего потока воздуха на дисперсность распыла капель.	160
Юрин А. Н. Обоснование конструктивно-технологической схемы и ширины рабочих платформ плодуборочного агрегата.	165
Лойко С. Ф., Старосотников С. В. Анализ конструктивных особенностей машин с механическими системами посева при посеве льна.	169
Шейченко В. А., Дудников И. А., Кузьмич А. Я., Шевчук М. В., Шевчук В. В. Обоснование коэффициента отделения зерна устройством предварительного обмолота жатки	172
Ветохин В. И., Алтыбаев А. Н., Голованов Д. А. Анализ свойств почвы применительно к процессу управления ее состоянием	176
Деркач А. Д., Макаренко Д. А., Шаповал А. Н. Разработка системы повышенной корректности копирования поверхности почвы	180
Дыба Э. В., Салапура Ю. Л. Обзор и анализ известных способов внесения жидкого навоза. ...	185
Дыба Э. В., Салапура Ю. Л. Основные требования к процессу и машинам для внутрпочвенного внесения жидкого навоза	190
Константинов М. М., Глушков И. Н., Осипов А. Л. Экономическая эффективность применения порционной жатки на уборке зерновых культур в условиях Южного Урала	193
Коропченко С. П., Белоусов А. И. Инновационный подход к переработке стеблей конопли. ...	196
Милюткин В. А., Буксман В. Э. Внедрение высокоэффективных мировых технологий в земледелии с использованием техники совместного производства в России	199
Назаров Н. Н., Яковлев Н. С., Черных В. И., Хлопич Т. А. Техническое средство для внесения в почву рабочих жидкостей бактериальных препаратов одновременно с посевом	203
Гайдай Т. В. Математическая модель движения почвообрабатывающего посевного агрегата с тарельчатými рассеивателями сидеральных культур	207
Неменушая Л. А., Пискунова Н. А. Технологии глубокой переработки плодов и овощей.	212
Бакач Н. Г., Башко Ю. А., Серебряков И. А. Теоретическое обоснование параметров устройства для отделения механических примесей в процессе раздачи кормосмесей смесителями-раздатчиками кормов	216

Winnicki S., Jugowar J. L., Sobek Z., Hendriks A. J., Aerts J., Rzyńska-Zawieja J., Romaniuk W. Cytological state and chemical composition of milk of cow-firstwear depending on the daily and content system	221
Побединский В. М., Михайленко П. Н., Волконович Л. Ф., Мартын А. А., Милешко В. В. Элементы биотехнологического мониторинга производства молока на учебно-экспериментальном комплексе ГАУМ	225
Скоркин В. К., Тихомиров И. А., Аксенова В. П., Андриухина О. Л., Бакач Н. Г. Продуктивное долголетие коров – основа повышения производства молока	231
Сураева Е. А., Горячева А. В. Состояние молочного скотоводства России: проблемы и пути их решения	236
Шувалов А. М., Машков А. Н. Использование аппаратов многофункциональной блочно-модульной энерготехнологической установки для приготовления кисломолочных продуктов в крестьянских хозяйствах	239
Кузьмина Т. Н. Оценка преимуществ роботов для удаления навоза	241
Мирзоянц Ю. А., Фириченков В. Е. Ресурсосберегающие технологии и технические средства машинной стрижки овец	244
Чумаков В. В., Барановский И. В., Пунько А. И., Жилич Е. Л., Вратил Н. В. Современные проблемы производства комбикорма для ценных пород рыб в Республике Беларусь	249
Жешко А. А., Ленский А. В. Современные тенденции эксплуатации машинно-тракторных агрегатов на основе зарубежного опыта	253
Капустин Н. Ф., Буляк О. Н., Дытман О. А. Свойства эффлюента на основе анаэробно переработанного навоза крупного рогатого скота	256
Сапун Л. Г., Занемонский С. В., Журавский Е. Ю. К вопросу сертификации соответствия экологическому уровню «ЕВРО-5» двигателей производства ОАО «УКХ «Минский моторный завод»	258
Свистула А. Е., Свистула И. А. Применение возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе Алтайского края	261
Гальянов И. В., Студенникова Н. С. Безопасность техники – основа эффективности сельскохозяйственного производства	264
Гольцяпин В. Я. Возможности приложений для мобильных устройств в сельском хозяйстве	268
Клыбик В. К., Пылило И. С. Конструктивная схема устройства динамического регулирования дозы внесения минеральных удобрений	272
Новиков Э. В., Мясников И. Б., Безбабченко А. В. Сравнительные исследования газогенераторного котла на льняной костре и других твердых топливах с целью обеспечения теплоснабжения льнозавода	278
Петрашев А. И., Клепиков В. В. Технология и средства консервации почвообрабатывающей техники	282
Коноваленко Л. Ю. Наилучшие доступные технологии уоя и первичной переработки скота: ресурсосбережение и охрана окружающей среды	286
Маринченко Т. Е. Научно-исследовательские ресурсы агропромышленного комплекса России	288
Кузьмин В. Н. Измерение уровня технологического развития отрасли	293
Колос В. А., Сапьян Ю. Н., Кабакова Е. Н. К оценке энергосберегающего потенциала технологий растениеводства	295
Голдыбан В. В. К разработке на основе элементов бионики антиадгезионных и антифрикционных поверхностей почвообрабатывающих машин	298
Голубкович А. В., Колос В. А., Ловкис В. Б., Дадько А. Н. Моделирование аэродинамики факельно-вихревого режима сжигания растительных отходов в топке зерносушилки	307
Мисун А. Л., Моисеенко Н. Ф. К вопросу безопасности труда при эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники	310

Научное издание

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Материалы

**Международной научно-технической конференции,
посвященной 70-летию со дня образования
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
(Минск, 18–20 октября 2017 г.)**

Ответственный за выпуск А. М. Дудик
Редактор-корректор А. С. Борейша
Компьютерная верстка Н. И. Кашуба

Подписано в печать 09.10.2017. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 36,97. Уч.-изд. л. 27,1. Тираж 200 экз. Заказ 196.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом
«Беларуская навука». Свидетельства о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/18 от 02.08.2013, № 2/196 от 05.04.2017.
Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.