

НАУКОВИЙ ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Серія “Техніка та енергетика АПК”

226

Київ – 2015

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол. : С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. – К., 2015. – Вип. 226. – 406 с.

Висвітлено результати наукових досліджень, проведених працівниками Національного університету біоресурсів і природокористування України і в співпраці із закордонними науковцями, працівниками навчальних закладів Міністерства освіти і науки України, Міністерства аграрної політики та продовольства України та науково-дослідних інститутів НАН України і НААН України.

Редакційна колегія: С. М. Ніколаєнко, *д.пед.н., проф.* (відповідальний редактор), І. І. Ібатуллін, *д.с.-г.н., проф.* (заступник відповідального редактора), В. Д. Войтюк, *д.т.н., проф.* (заступник відповідального редактора), В. І. Кирилюк, *к.с.-г.н., с.н.с.* (відповідальний секретар), І. Л. Роговський, *к.т.н., с.н.с.* (заступник відповідального секретаря), В. В. Адамчук, *д.т.н., проф.*, Л. В. Аніскевич, *д.т.н., проф.*, Є. Г. Афтандіянц, *д.т.н., проф.*, А. І. Бойко, *д.т.н., проф.*, В. М. Булгаков, *д.т.н., проф.*, Д. Г. Войтюк, *к.т.н., проф.*, Г. А. Голуб, *д.т.н., проф.*, О. І. Давиденко, *д.т.н., проф.*, Петро Євич, *д.т.н., проф.*, Євгеній Красовські, *д.т.н., проф.*, В. І. Кравчук, *д.т.н., проф.*, В. С. Ловейкін, *д.т.н., проф.*, Марек Світлік, *д.т.н., проф.*, В. Г. Мироненко, *д.т.н., проф.*, В. М. Несвідомін, *д.т.н., проф.*, Павловські Тадеуш, *д.т.н., проф.*, С. Ф. Пилипака, *д.т.н., проф.*, В. Г. Самосюк, *д.т.н., проф.*, В. В. Теслюк, *д.т.н., проф.*, С. Г. Фришев, *д.т.н., проф.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол № 1 від 28 серпня 2015 р.

Згідно з постановою Вищої атестаційної комісії України від 01 липня 2010 р. № 1-05/5 та наказу Міністерства освіти і науки України від 13 липня 2015 р. № 747 збірник науковий праць «Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК» внесений до переліку наукових друкованих фахових видань України, в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступеней доктора, кандидата технічних наук.

Збірник науковий праць «Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК» внесено до бібліографічної бази даних наукових публікацій РІНЦ (ліцензійний договір від 01 листопада 2013 р. №666-11/2013-343) та UlrichsWeb.

Відповідальний за випуск І. Л. Роговський.

Адреса редколегії: 03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України, тел. 527-82-41

© Національний університет біоресурсів і
природокористування України, 2015

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ АГРОІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ А. В. Джошар	221
ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ОСНОВНОГО КАПІТАЛУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ О. В. Захарчук	229
МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ТА АНАЛІЗУ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ П. А. Стецюк	236
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЕФОРМАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ВІБРООБРОБЦІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ Т. С. Скобло, А. О. Науменко, В. М. Власовець, Є. Л. Бєлкін	243
АНАЛІЗ ВІДМОВ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ А. В. Новицький, З. В. Ружило	253
МЕТОДИКА АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОЗПУШЕННЯ ҐРУНТУ КОМБІНОВАНИМ АГРЕГАТОМ Г. В. Теслюк, Б. А. Волик, А. М. Пуґач	260
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ ҐРУНТООБРОБНИМИ АГРЕГАТАМИ ЯК ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ М. П. Артьомов	264
УМОВИ САМООРГАНІЗАЦІЇ ТРИБОСИСТЕМИ «РОБОЧИЙ ОРГАН – ҐРУНТ» С. М. Герук, К. В. Борак, В. Г. Руденко	271
ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОЦЕСИ РОСТУ РОСЛИННИХ ОБ'ЄКТІВ Г. Б. Іноземцев, О. В. Окушко	277
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РУХУ НАСІННЄВИХ МАТЕРІАЛІВ У ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ В. М. Пришляк	281
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН Н. П. Артемов, М. Л. Шуляк	290
ГЛИБИНА ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ ЗМІЦНЕНОГО ЛАЗЕРОМ ШАРУ СТАЛІ 65Г ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН Ю. О. Ковальчук, В. В. Дідур, А. В. Невзоров	295
ПАРАМЕТРИ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ КООПЕРАТИВІВ ІЗ КОРМОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОЛОЧНИХ ФЕРМ СІМЕЙНОГО ТИПУ А. М. Тригуба	301
ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ НАСІННЯ ПО РОЗПОДІЛЬНИКУ СОШНИКА ДЛЯ ПІДҐРУНТОВО-РОЗКИДНОГО СПОСОБУ СІВБИ М. Л. Заєць, М. М. Живега	307

The paper investigated on the application of the Kalman filter to enhance the quality the study of the dynamics of mobile machines during their exploitation and implementation of farming operations.

Dynamic and qualitative parameters, adaptive filters, accelerometers.

УДК 621.9.048.7:621.373.826:631.31

ГЛИБИНА ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ ЗМІЦНЕНОГО ЛАЗЕРОМ ШАРУ СТАЛІ 65Г ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

***Ю. О. Ковальчук, В. В. Дідур, А. В. Невзоров,
кандидати технічних наук***

Уманський національний університет садівництва

Проаналізовано, який тип сталі виробники робочих органів ґрунтообробних машин використовують в Україні. Досліджено властивості даної сталі внаслідок лазерного зміцнення та доцільність застосування для ще більшого підвищення зносостійкості відповідних знарядь різних додаткових заходів з метою забезпечення ефективного впровадження методу поверхневої лазерної обробки у виробництво.

Метод поверхневої лазерної обробки, лазерне зміцнення, гартування, наплавлення, зносостійкі твердосплавні порошки, сталь 65Г, робочі органи ґрунтообробних знарядь.

Постановка проблеми. Перед виробниками ґрунтообробних машин однією із першочергових задач стоїть забезпечення вищої міцності тих зон робочих органів, які найбільше піддаються зносу. В результаті абразивного зношування робочих поверхонь відбувається втрата первинної форми різальних елементів, що призводить до збільшення тягового опору ґрунтообробних машин та витрат паливно-мастильних матеріалів. Також виникає потреба в заточуванні або заміні зіпсованих деталей.

Для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин може успішно застосовуватися метод поверхневої лазерної обробки. Стоїть задача аналізу лазерного впливу на характеристики сталі, що використовується в Україні відповідними виробниками для виготовлення таких робочих органів, як лемешів плугів, дисків борін, лап культиваторів тощо. Також треба дослідити можливість застосовування

© Ю. О. Ковальчук, В. В. Дідур, А. В. Невзоров, 2015

методу поверхневої лазерної обробки на практиці для підвищення зносостійкості виробів із даної сталі.

Аналіз останніх досліджень. Вивченням питань впливу лазерного випромінювання на поверхню різних матеріалів останні роки у своїх працях займалися такі вчені та науковці, як В. П. Вейко, О. Г. Григор'янц, І. М. Шиганов та інші [6-8]. Останні роки публікацій на тему застосування методу поверхневої лазерної обробки для зміцнення деталей сільськогосподарської техніки не так багато [1-5]. Сучасних публікацій стосовно лазерного зміцнення робочих органів ґрунтообробних знарядь серед них ще менше, з них можна виділити наукові праці В. П. Бірюкова, В. В. Дивинського, В. М. Журавля, В. М. Бобрицького та інших [1-4].

Мета досліджень – визначення типу сталі, що використовується в Україні виробниками робочих органів ґрунтообробних машин, дослідження глибини та мікротвердості зміцненого лазером шару відповідної сталі та можливість успішного застосування на виробництві методу поверхневої лазерної обробки для підвищення зносостійкості даних робочих органів.

Результати досліджень. Метод поверхневої лазерної обробки на даний момент ще не знайшов свого застосування в нашій країні під час виробництва робочих органів ґрунтообробних машин.

В результаті проведеного дослідження шляхом опитування виявилось, що для виготовлення даних робочих органів такі вітчизняні виробники, як ВАТ «Червона зірка» (м. Кіровоград), ТОВ НВП «БілоцерківМАЗ» (м. Біла Церква), ПАТ «Уманьферммаш» (м. Умань), ПП ВКФ «Велес-Агро» (м. Одеса) та інші, в абсолютній більшості випадків використовують сталь 65Г. Тому дослідження властивостей цієї сталі після лазерного зміцнення є актуальним та дозволить визначити можливість застосування на виробництві даного методу поверхневої лазерної обробки. Враховуючи те, що лазерне зміцнення сталі забезпечить тим вищу твердість матеріалу, чим більший вміст у сталі вуглецю, необхідно відмітити, що застосування лазерної поверхневої обробки сталі 65Г є більш ефективним, ніж інших сталей з меншим вмістом вуглецю.

Глибина зміцненого шару робочих органів ґрунтообробних машин є важливим фактором у процесі зношування поверхонь та для реалізації умов самозагострювання.

Найбільшу мікротвердість за глибиною зміцненого шару внаслідок застосування лазерного зміцнення серед сталей 45, Л53 та 65Г має сталь 65Г, тому що, як було сказано вище, в ній найбільше міститься вуглецю (рис. 1) [4].

Під час проведення дослідницької роботи з лазерного наплавлення матеріалів на ґрунтообробні знаряддя зі сталі 65Г для просторо-

вого керування лазерним променем використовувався сканер [2]. На поверхню дослідних зразків наносилася обмазка на водяній основі оксиетилцелюлози з порошком ФБХ6-2. Середня твердість матеріалу основи дослідних зразків становила 2200 МПа.

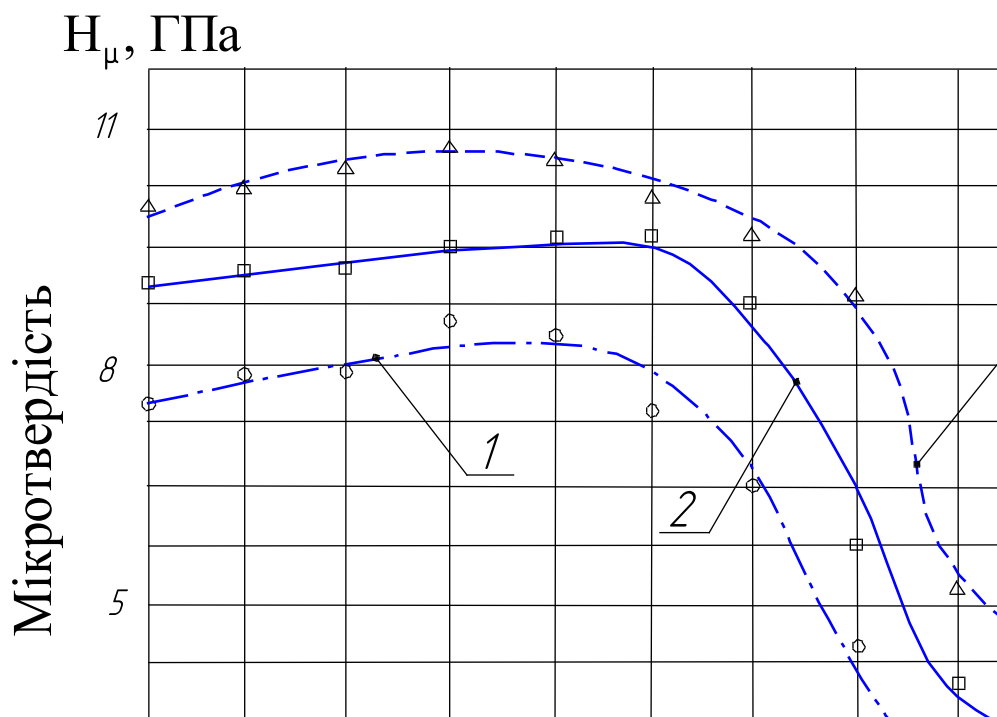


Рис. 1. Розподіл мікротвердості в сталях після лазерного зміцнення за глибиною зміцненого шару: 1 – сталь 45, 2 – сталь Л53, 3 – сталь 65Г ($q = 8 \cdot 10^7$ Вт/м²; $\tau = 0,3$ с).

Лазерний промінь потужністю 1400 Вт з частотою сканування 200–225 Гц призвів до утворення на поверхні зразка № 1 видозміненого шару, геометричні параметри якого визначаються зоною термічного впливу шириною 7 мм при глибині 1,1 мм, шириною легованого шару 4,5 мм. Глибина зони загартування із твердого стану становила 0,6 мм, а легованого шару – 0,3 мм. Також при цьому присутній невеликий шар наплавленого порошку товщиною 0,2–0,3 мм. Геометричні параметри зони термічного впливу для зразка № 2 склали: ширина зони – 8,1 мм, ширина легованого шару – 5 мм, загальна глибина зон загартування, легування й наплавлення – 1,35 мм, у тому числі легованого шару – 0,5 мм і наплавленого шару 0,3–0,35 мм. На рис. 2 наведені результати дослідження їхньої мікротвердості [2]. У зразку № 2 мав місце більш глибокий перепад, тому швидкість охолодження матеріалу була нижча, що вплинуло на зменшення мікротвердості. У результаті обробки за першим режимом (зразок № 1) спостерігалась незначна зміна геометричних розмірів. Це важливо для практичної обробки деталей, оскільки при наплав-

ленні ріжучої кромки ґрунтообробних знарядь геометрія робочої поверхні не повинна змінюватися.

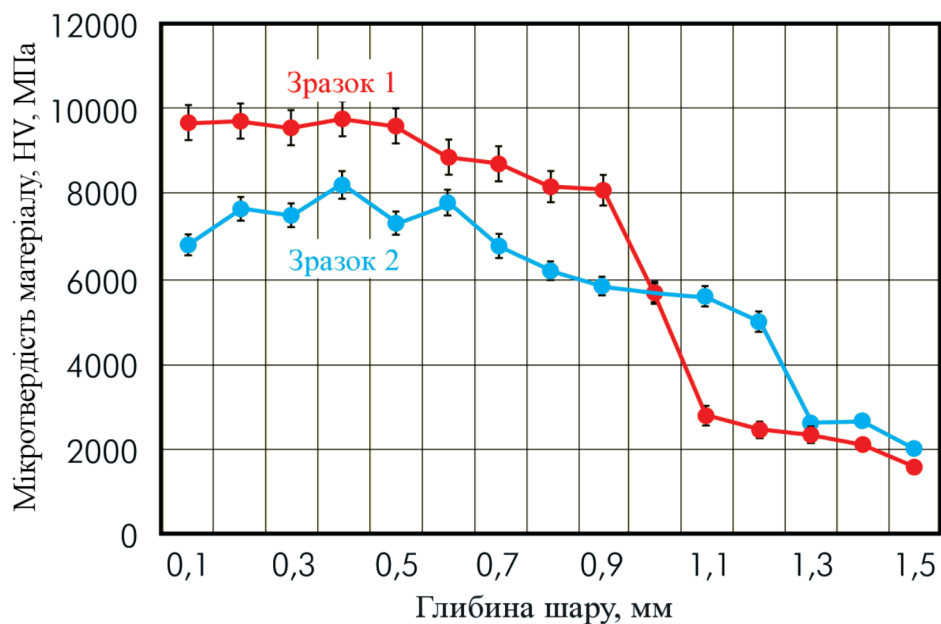


Рис. 2. Залежність мікротвердості сталі від глибини зони лазерного впливу.

Отримані методом поверхневої лазерної обробки товщини шарів (наплавленого, легованого і загартованого) достатні для зниження корозійного й абразивного зношування поверхні інструментів. У порівнянні із загартуванням зразків струмами високої частоти ці результати вищі в 3-5 разів, а в порівнянні з індукційним наплавленням такого ж порошку – вищі в 3-4 рази.

Також відомо, що існує можливість додатково керувати процесом лазерного термозміцнення металів шляхом використання електростатичного поля. В результаті загартування сталі 65Г без опалення під час впливу енергії накачування активного елемента лазера $W = 3,8$ КДж утворюються дві зони у поверхні металу [9]. Перша зона має структуру мартенситу, її мікротвердість становить $841 \text{ HV}_{0.05}$. Друга зона являє собою мартенсит і троостит, її мікротвердість складає величину $494 \text{ HV}_{0.05}$. Глибина зони термічного впливу становить $0,04$ мм.

В результаті дії електростатичного поля під час лазерного загартування твердість першої зони зростає до $946 \text{ HV}_{0.05}$, а твердість другої зони майже не змінюється й становить $501 \text{ HV}_{0.05}$. При цьому глибина зони термічного впливу зростає до $0,08$ мм.

В результаті мікροструктурного аналізу сталей спостерігається значне збільшення глибини зміцненої зони у порівнянні зі звичайною обробкою внаслідок впливу на дані сталі лазерного випромінювання

у режимах, близьких до температури плавлення й під впливом електростатичного поля напруженістю 5 МВ/м (рис. 3) [9].

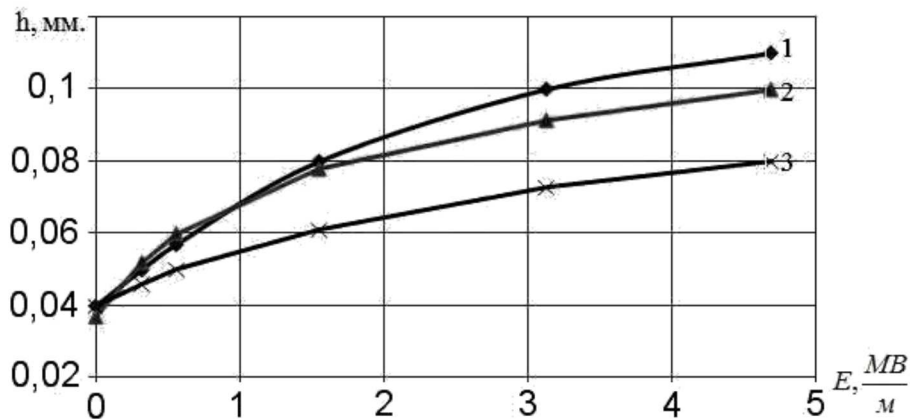


Рис. 3. Залежність глибини зміцненої зони від напруженості електростатичного поля: 1 – Сталь 10, $W = 3$ кДж; 2 – Сталь 65Г, $W = 4,5$ кДж; 3 – Сталь 65Г, $W = 3,8$ кДж.

На глибину зони лазерного впливу також додатково впливають такі фактори, як тип лазерного технологічного комплексу, частота та час дії зміцнюючого лазерного випромінювання тощо. Крім цього, ефективність процесу лазерного зміцнення суттєво залежить від вибору типу лазера. У випадку використання волоконних лазерів ефективність процесу зміцнення з урахуванням потужності випромінювання лазера, глибини гартування та швидкості руху виробу порівняно із ефективністю CO_2 -лазера може збільшуватися у 12 разів [10], що значно підвищує конкурентоспроможність даного методу.

Висновки

Отже, сталь 65Г, що використовується вітчизняними виробниками робочих органів ґрунтообробних машин, може успішно піддаватися лазерному зміцненню та наплавленню, що забезпечить значне підвищення міцності та зносостійкості цих знарядь.

Встановлено, що на мікротвердість даної сталі суттєво впливає глибина зміцненого лазером шару, вона має бути достатньою для забезпечення необхідних характеристик відповідних робочих органів. Застосування під час лазерного зміцнення електростатичного поля дозволяє значно збільшити глибину зони лазерного впливу.

Ефективному впровадженню метода поверхневої лазерної обробки у виробництво може сприяти також використання сучасних волоконних лазерів. У подальшому для забезпечення широкомасштабних досліджень потрібна їх підтримка на державному рівні, що дозволить здійснити розробку широкої номенклатури конкретних технологій лазерного зміцнення різних робочих органів ґрунтообробних машин.

Список літератури

1. Буханова И. Ф. Применение лазерного излучения для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственного машиностроения / И. Ф. Буханова, В. В. Дивинский, В. М. Журавель // Лазерные технологии в сельском хозяйстве : Тематический сборник. – М.: Техносфера, 2008. – С. 264–270.
2. Бирюков В. П. Восстановление и упрочнение поверхностей лазерным излучением / В. П. Бирюков // Фотоника. – 2009. – № 3. – С. 14–16.
3. Бирюков В. П. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники и почвообрабатывающих орудий лазерным упрочнением и наплавкой / В. П. Бирюков // Лазерные технологии в сельском хозяйстве : Тематический сборник. – М.: Техносфера, 2008. – С. 256–264.
4. Бобрицький В. М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.04 «Тертя та зношування в машинах» / В. М. Бобрицький. – К., 2007. – 20 с.
5. Разработка технологии восстановления с использованием лазерного луча / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, А. В. Сайчук, В. Л. Манило // Научный вестник Луганского национального аграрного университета. Серия «Технические науки». – 2011. – № 30. – С. 257–265.
6. Вейко В. П. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Введение в лазерные технологии / В. П. Вейко, А. А. Петров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.
7. Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : Учеб. пособие для вузов / Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. ; под ред. А. Г. Григорьянца. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 664 с.
8. Черненко В. С. Променеві методи обробки : навч. посібник / Черненко В. С., Кіндрачук М. В., Дудка О. І. – К.: Кондор, 2008. – 166 с.
9. Башмаков Д. А. Управление процессом лазерного термоупрочнения металлов в электростатическом поле : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (машиностроение)», 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» / Д. А. Башмаков. – Набережные Челны, 2010. – 19 с.
10. Попов В. О. Лазерное упрочнение сталей: сравнение волоконных и СО₂-лазеров / В. О. Попов // Фотоника. – 2009. – № 4. – С. 18–21.

Проанализировано, какой тип стали производители рабочих органов почвообрабатывающих машин используют в Украине. Исследовано свойства этой стали вследствие лазерного упрочнения и возможность применения для ещё большего повышения износостойкости соответствующих орудий разных дополнительных мер с целью обеспечения успешного внедрения метода поверхностной лазерной обработки в производство.

Метод поверхностной лазерной обработки, лазерное упрочнение, закаливания, наплавки, износостойкие твердосплавные порошки, сталь 65Г, рабочие органы почвообрабатывающих орудий.

It is analysed, what type of steel is used in Ukraine by the producers of working organs of soil-cultivating machines. Properties of this steel after the laser strengthening and possibility of application of different additional measures are investigational for the yet greater increase of wearproofness of corresponding instruments with the purpose of providing of the successful applying in industry of method of superficial laser treatment.

Method of surface laser treatment, laser hardening, hardening, welding, wear-resistant carbide powders, steel 65Г, working bodies tillage tools.

УДК 658 : 631.3

ПАРАМЕТРИ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ КООПЕРАТИВІВ ІЗ КОРМОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОЛОЧНИХ ФЕРМ СІМЕЙНОГО ТИПУ

***А. М. Тригуба, кандидат технічних наук
Львівський національний аграрний університет***

Запропоновано метод обґрунтування параметрів технічного оснащення кооперативів із кормозабезпечення молочних ферм сімейного типу. Обґрунтовано доцільність створення сільськогосподарських виробничих кооперативів для кормозабезпечення сімейних молочних ферм. Встановлено залежності потреби в площах для вирощування кормових культур від поголів'я молочного стада. Обґрунтовано параметри технічного оснащення для кормозабезпечення молочних ферм сімейного типу.

Молочне скотарство, система кормозабезпечення, параметри, технічне оснащення.

Постановка проблеми. Ефективність виробництва молока на фермах сімейного типу значною мірою залежить від системи кормозабезпечення [1]. Водночас, залишається невирішеною науково-прикладна задача стосовно обґрунтування параметрів технічного оснащення кооперативів із кормозабезпечення молочних ферм сімейного типу для окремих територій (адміністративних районів, селищних рад тощо).

Аналіз останніх досліджень. Питанням обґрунтування параметрів систем кормозабезпечення окремих молочних ферм присвячено низку наукових робіт як вітчизняних [2], так і іноземних учених [3].

© А. М. Тригуба, 2015

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НАУКОВИЙ ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВИПУСК 226

Серія “Техніка та енергетика АПК”

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія KB №17147 – 5917P від 28.09.2010

Редактор І. Л. Роговський

03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15

Здано до набору 24.09.2015
Формат 60×84/16
Наклад 100 прим.

Підписано до друку 01.10.2015
Папір офсетний.
Зам. № 7760 від 23.09.2015

Редакційно-видавничий відділ НУБіП України
03041, Київ, пров. Сільськогосподарський, 4.
т. 527-80-49