

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ НА ПЕРЕМІЩЕННЯ БАРАБАНОМ ІЗ УПОРАМИ ЗЕРНО-СОЛОМИСТОЇ МАСИ

В.О. Шейченко, д.т.н., **І.А. Дудніков**, к.т.н.,

Полтавська державна аграрна академія

А.Я. Кузьмич, к.т.н., **М.В. Шевчук**, аспірант

E-mail: Shevchuk1611@ukr.net, тел.: 093-909-06-39

**Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства»**

Анотація

Мета. Підвищення ефективності технологічних процесів збирання зернових культур завдяки встановленню кінематичних і динамічних показників барабана із упорами пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайну.

Методика. Теоретичні дослідження ґрунтуються на основних положеннях теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, диференціального числення та математичного моделювання для моделювання руху технологічної маси між барабаном пристрою попереднього обмолоту зерна та підбарабанням. Експериментальні дослідження буде проведено на реальній конструкції зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

Результати. Розглянуто переміщення зерно-соломистої маси (ЗСМ) по похилій камері (транспортування під кутом α до горизонту) за умов, коли вагу барабану із упорами P_b представлено у вигляді двох складових, які направлено паралельно і перпендикулярно похилій камері.

Результуючу R_{zc} усіх реакцій ЗСМ та сил опору її тертя по деку розкладено на складові X_{zc} і Y_{zc} . Визначено проекції усіх сил на вісі паралельну і перпендикулярну поверхні похилої камери. Встановлено суму моментів відносно геометричної вісі барабану та потужність, яка витрачається на переміщення барабаном із упорами ЗСМ.

Висновки. У загальному випадку, потужність, яка витрачається на переміщення барабаном із упорами ЗСМ дорівнює сумі потужностей, що

витрачається на її деформацію і тертя барабану по ЗСМ і ЗСМ по деку ($M_{БП}\omega_B$) і потужності $M_{JB}\omega_B$, яка перетворюється у кінетичну енергію відносного обертального руху барабану навколо його вісі; потужності $m_B a_i v_{БП}$, яка перетворюється у кінетичну енергію переносного поступального руху барабану; потужності, яка витрачається на здолаття сил тертя у підшипниках барабану $M_r \omega_B$ за мінусом потужності $P_B \sin \alpha v_{БП}$.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, зерно-соломиста маса, пристрій попереднього обмолоту зерна, барабан із упорами, похила камера жниварки, потужність на здолаття сил тертя, момент сил.

UDC 631.12

DETERMINATION THE POWER FOR MOVEMENT OF THE GRAIN-STRAW MASS BY DRUM WITH RIBS

V. Sheychenko, Doctor of Tech. Sciences, **I. Dudnikov**, PhD. tech. sciences

Poltava State Agrarian Academy

A. Kuzmych, PhD. tech. sciences, **M. Shevchuk**, a graduate student

E-mail: Shevchuk1611@ukr.net, Tel.: 093-909-06-39

**National Scientific Center "Institute for Agricultural Engineering
and Electrification"**

Annotation

Purpose. To improve the efficiency of grain crops harvesting processes by establishing of kinematic and dynamic performance of the drum with ribs of the combine harvester previous threshing system.

Methods. Theoretical studies based on the main provisions of theoretical mechanics, theory of mechanisms and machines, differential calculus and mathematical modeling to simulate the movement of masses between technological devices prior drum threshing grain and concave. Experimental studies will be conducted on a real design combine harvester KZS-9-1 «Slavutych».

Results. Considered moving grain-straw mass (GSM) on an inclined chamber (transportation at an angle α to the horizon) in circumstances where the weight of the drum with ribs P_A presented in the form of two components that are directed parallel and perpendicular to the sloping chamber.

The resultant force R_{3C} of all reactions GSM and the resistances of friction on concave decomposed into components X_{3C} and Y_{3C} . Is defined the projections of all forces on the parallel and perpendicular axes to the sloping surface of camera. Is determined the sum of torques relative to the drum geometric axis and the power consumed to move a GSM by drum with ribs.

Conclusions. Generally, the power consumed to move a GSM by drum with ribs equal a sum of the power consumed at its deformation and friction drum in GSM and GSM on the concave ($M_{\text{БП}}\omega_B$) and power $M_{\text{JB}}\omega_B$, which is converted

into kinetic energy relative rotational movement of the drum around its axis; power $m_B a_i v_{BH}$, which is converted into kinetic energy of translational motion of the drum; the power consumed in overcoming friction forces in the bearings $M_r \omega_B$ of the drum without power $P_B \sin \alpha v_{BH}$.

Keywords: combine harvester, grain-straw mass, device for prior grain threshing, drum with ribs, feeder house of the combine header, power for overcome the forces of frictions, moment of force.

УДК 631.12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ БАРАБАНОМ С УПОРОМ ЗЕРНО-СОЛОМИСТОЙ МАССЫ

В.О. Шейченко, д.т.н., **И.А. Дудников**, к.т.н.

Полтавская государственная аграрная академия,

А.Я Кузьмич, к.т.н., **М.В. Шевчук**, аспирант

E-mail: Shevchuk1611@ukr.net, тел.: 093-909-06-39

Национальный научный центр «Институт механизации и
электрификации сельского хозяйства» НААН Украины

Аннотация

Цель. Повышение эффективности технологических процессов уборки зерновых культур благодаря определению кинематических и динамических показателей барабана с упорами устройства предварительного обмолота зерна жатки зерноуборочного комбайна.

Методика. Теоретические исследования основываются на основных положениях теоретической механики, теории механизмов и машин, дифференциального исчисления и математического моделирования движения технологической массы между барабаном устройства предварительного обмолота зерна и подбарабаньем. Экспериментальные исследования будут проведены на реальной конструкции комбайна КЗС-9-1 «Славутич».

Результаты. Рассмотрено перемещение зерно-соломистой массы (ЗСМ) по наклонной камере (транспортирование под углом α к горизонту) при условии, когда вес барабана с упорами P_A представлен в виде двух составляющих, которые направлены параллельно и перпендикулярно наклонной камере.

Результирующая $R_{зс}$ всех реакций ЗСМ а также сил сопротивления их трения по деке разложено на составляющие $X_{зс}$ и $Y_{зс}$. Определено проекции этих сил на оси параллельную и перпендикулярную к поверхности наклонной камеры. Установлено сумму моментов относительно

геометрической оси барабана, а также мощность, которая израсходуется на перемещение барабаном с упорами ЗСМ.

Выводы. В общем случае, мощность, которая тратится на перемещение барабаном с упорами ЗСМ, равняется сумме мощностей на деформацию ЗСМ, трение барабана по ЗСМ и ЗСМ по деке ($M_{БП}\omega_B$) и мощности $M_{JB}\omega_B$, которая превращается в кинетическую энергию относительного вращательного движения барабана вокруг его оси; мощности $m_B a_i v_{БП}$, которая превращается в кинетическую энергию переносного поступательного движения барабана; мощности, которая тратится на преодоление сил трения в подшипниках барабана $M_r \omega_B$ за исключением мощности $P_B \sin \alpha v_{БП}$.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, зерно-соломистая масса, барабан с упорами, наклонная камера жатки, устройство предварительного обмолота зерна, мощность на преодоление сил трения, момент сил.

Постановка проблеми. Принципи обробки технологічного матеріалу в молотильно-сепаруючому пристрої та, відповідно, втрати зерна і якість обмолоту за останні роки практично не змінилися [1-6]. В зв'язку з цим підвищення ефективності процесу обмолоту зернових культур в молотильно-сепаруючому пристрої і особливо на етапах його транспортування до МСС є досить важливим і актуальним завданням.

Технологічний процес транспортування ЗСМ по похилій камері жниварки представляє собою складний процес переміщення, у якому постійно, внаслідок відділення зернівок від колоса, відбувається збільшення частки зерна в загальному потоці маси.

Переміщення ЗСМ характеризується такими особливостями:

- відділення окремих зернівок, полови тощо із суцвіття зрізаних стебел, осідання в нижній частині потоку технологічної маси більш важчої за масою ніж солома фракції зернівок;
- формування із відділених зернівок окремого зернового потоку;
- травмування зернин вже на ранніх етапах його транспортування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Переважна більшість фахівців характеризує процес обмолоту зернової маси таким, що відбувається тільки завдяки дії молотильно-сепаруючої системи (МСС) зернозбирального комбайна і не враховує динамічний вплив інших робочих органів жнивarki і комбайну на масу, що транспортується до МСС [7-11]. Проте на шляху до потрапляння безпосередньо до МСС взаємодія робочих органів із зерно-соломистою масою уможливує послаблення зв'язків зернівки із колоском, а іноді і повне його відділення [12]. Процес обмолоту зерна розпочинається з моменту початку взаємодії пальців мотовила жнивarki із стеблом. Ступінь відділення зерна від маси, яку транспортує жнивarka, залежить від багатьох чинників: фази розвитку культури, вологості, стиглості, сорту, динамічних складових впливу на рослину тощо.

Зрізана ріжучим апаратом жнивarki маса, досить нерівномірна за наповненням і властивостями, транспортується до МСС комбайна. Функціонально набір (комбінація) робочих органів цієї системи орієнтовна на повне відділення зернівки від колосу, його (зерна) очищення від легких домішок (полови, пилу), накопичення і вивантаження як готової продукції.

Мета. Підвищення ефективності технологічних процесів збирання зернових культур завдяки встановленню кінематичних і динамічних показників барабана із упорами пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki зернозбирального комбайну.

Результати. Розглянемо переміщення зерно-соломистої маси по похилій камері (транспортування під кутом α до горизонту) за умов, коли вагу барабану із упорами P_A представимо у вигляді двох складових, які направлено паралельно і перпендикулярно похилій камері (рис. 1). Проекція $P_B \cos \alpha$, яка направлена перпендикулярно поверхні похилої камери, додається із навантаженням на вісь барабана P_e і утворює результуючу силу, яка дорівнює $(P_e + P_B \cos \alpha)$. Проекція $P_B \sin \alpha$ направлена паралельно поверхні похилої камери, алгебраїчно додається із штовхаючою силою F_B та

силою інерції $m_B a_i$, де a_i – прискорення точки поверхні барабану (нормальне доцентрове прискорення $a_i = \omega_B r_B$).

Результуючу R_{3C} усіх реакцій ЗСМ та сил опору її тертя по деку розкладемо на складові X_{3C} і Y_{3C} . Визначимо проєкцій усіх сил на вісі паралельну і перпендикулярну поверхні похилої камери.

$$\begin{cases} m_B a_i - P_B \sin \alpha - F_B + X_{3C} = 0 \\ Y_{3C} - P_B - P_B \cos \alpha = 0 \end{cases} . \quad (1)$$

Із системи рівнянь (1) знайдемо X_{3C} і Y_{3C}

$$\begin{cases} X_{3C} = P_B \sin \alpha + F_B - m_B a_i \\ Y_{3C} = P_B + P_B \cos \alpha \end{cases} . \quad (2)$$

Рівняння моментів відносно геометричної вісі барабану буде мати вигляд:

$$X_{3C} r_{БП} = M_r + M_{БП} + M_{jБ} . \quad (3)$$

де M_r – момент сил тертя у підшипниках вісі барабану (направлений на рис. 1 за годинниковою стрілкою);

$M_{jБ}$ – момент дотичних сил інерції, який виникає за умов нерівномірного обертання барабану навколо своєї вісі, який дорівнює добутку моменту інерції барабану із упорами J_B відносно його геометричної вісі на кутове прискорення ε_B обертального руху барабану;

$M_{БП}$ – момент опору кочення зовнішньої поверхні барабану із упорами по зерно-соломистій масі.

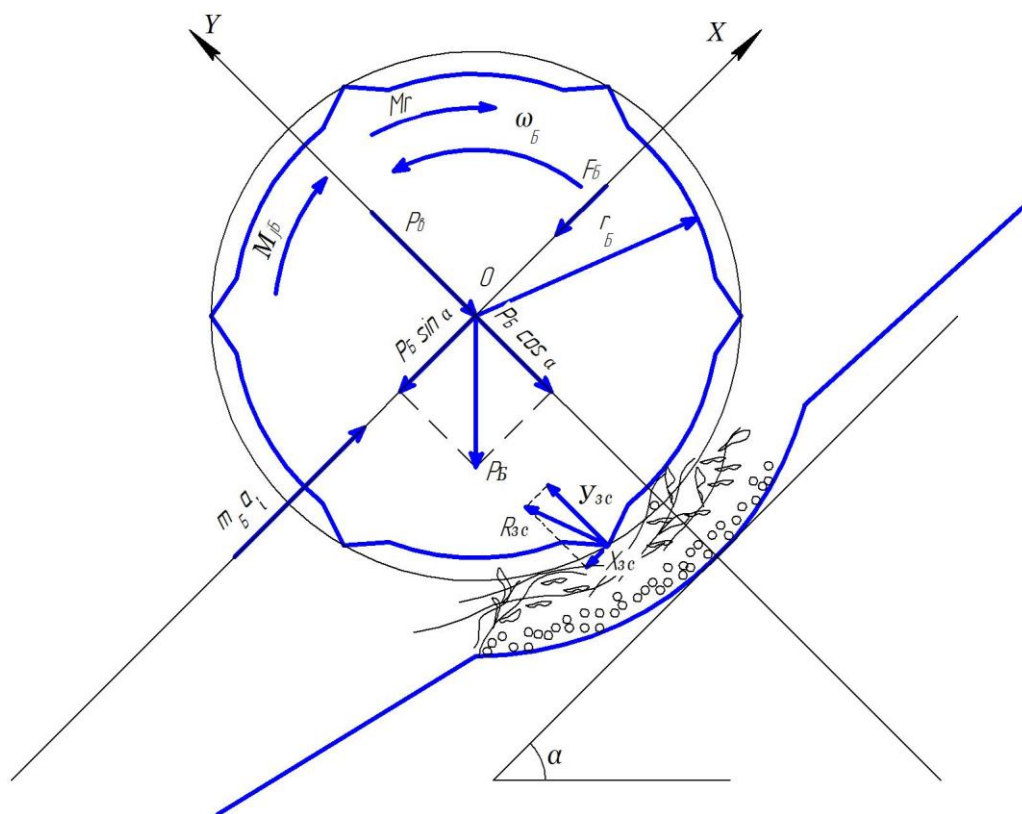


Рис. 1 – Схема взаємодії ЗСМ із похилою камерою жниварки

Fig. 1 - Scheme of interaction GSM with feeder house of the combine header

Силою опору повітря внаслідок відносно її незначного значення нехтуємо.

Таким чином момент реакції ЗСМ $X_{зс}$ відносно геометричної вісі барабану повинен дорівнювати добутку трьох моментів: моменту сил тертя в підшипниках барабану, момент опору, який створює рухома ЗСМ та шар відділеного від колосків зерна по поверхні дека (похилої камери) та момент дотичних сил інерції барабану із упорами .

За умов рівномірної подачі ЗСМ прискорення $J_{б}$ $\varepsilon_{б}$ дорівнюють нулю. Тоді рівняння моментів (3) набуде виду:

$$X_{зс} r_{бп} = M_r + M_{бп} . \quad (4)$$

За умов рівномірної подачі і руху ЗСМ момент, який створює сила реакції $X_{зс}$ відносно геометричної вісі барабана повинен дорівнювати сумі моменту сил тертя в підшипниках барабану і моменту опору переміщення ЗСМ і шару зерна по похилій поверхні дека.

Підставимо у (3) залежність (2) для величини $X_{зс}$ та перемноживши обидві частини отриманого рівняння на середню за дану секунду кутову швидкість обертання ω_A отримуємо;

$$(P_B \sin \alpha + F_B - m_B a_i) r_{БП} \omega_B = M_r \omega_B + M_{БП} \omega_B + M_{JB} \omega_B . \quad (5)$$

Після перетворень отримуємо:

$$F_B r_{БП} \omega_B = m_B a_i r_{БП} \omega_B - P_B \sin \alpha r_{БП} \omega_B + M_r \omega_B + M_{БП} \omega_B + M_{JB} \omega_B . \quad (6)$$

Добуток $r_{БП} \omega_B$ із досить великою точністю можливо прийняти таким, який дорівнює швидкості $v_{БП}$ переносного руху барабану із упорами. Тоді отримуємо такий баланс потужностей:

$$F_B v_{БП} = m_B a_i v_{БП} - P_B \sin \alpha v_{БП} + M_r \omega_B + M_{БП} \omega_B + M_{JB} \omega_B . \quad (7)$$

Висновки. Аналізуючи вираз (7) відмітимо, що в загальному випадку, потужність, яка витрачається на переміщення барабаном із упорами ЗСМ дорівнює сумі потужностей, що витрачається на її деформацію і тертя барабану по ЗСМ і ЗСМ по деку ($M_{БП} \omega_B$) і потужності $M_{JB} \omega_B$, яка перетворюється у кінетичну енергію відносного обертального руху барабану навколо його вісі; потужності $m_B a_i v_{БП}$, яка перетворюється у кінетичну енергію переносного поступального руху барабану; потужності, яка витрачається на здолаття сил тертя у підшипниках барабану $M_r \omega_B$ за мінусом потужності $P_B \sin \alpha v_{БП}$.

Бібліографія

1. 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. -Випуск 33. – Луцьк, 2015. – С. 149-155.
2. Коваль С. Напрямки розвитку конструкцій и узагальнені технологічні показники зернозбиральний комбайнів // Техніка АПК. - 1998. - №4. - С. 28-31.
3. Занько М.Д. Аналітичне моделювання втрат зерна за молотаркою в залежності від умов роботи зернозбирального комбайна М.Д. Занько, В.І. Недовесов // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013. С. 483-488.
4. Коваль С. Комплексне вирішення проблем збирання врожаю / С.Коваль, В.Шейченко // Техніка АПК. - 2008. -№2.- С22-26.
5. Адамчук В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.В. Іванишин // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 8–14.
6. Шейченко В.О. Економічні аспекти підвищення надійності та якості виконання технологічного процесу машинними агрегатами / В.О. Шейченко, П.О. Войтюк. І.М. Шульган // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Вип. 51: Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. – Х., 2007. – С.204-211.
7. Липкович Э.И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1973. – 165 с.
8. Кленин Н.И. Исследование вымолота и сепарации зерна. Диссертация д-ра техн. наук. – М., 1977. – 424 с.
9. 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.
10. Зерноуборочные комбайны / Серый Г.Ф., Косилов Н.І., Ярмаш Ю.М., Русанов А.І. - М. : Агропромиздат, 1986. - 247 с.
11. Колесников А.В. Повышение эффективности технологического процесса обмолота зернобобовых культур путем усовершенствования молотильно-сепарирующей части молотилки / А. В. Колесников // Наукові

праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Кримський агротехнологічний університет". Технічні науки. - 2013. - Вип. 153. - С. 104-111.

12. Шейченко В.А., Исследование микроповреждений и микротравмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами / Шейченко В.А., Кузьмич А.Я., Грицака А.Н., Ковалев М.М. // журнал «Техника и оборудование для села», №1(223) 2016, - Москва- с.24-28.

References

1. Sheychenko V.O. Doslidzhennya obmolotu zerna trybarabannoyu molotarkoyu / V.O. Sheychenko, V.I. Nyedovyeysov, O.M. Hrytsaka // Zbirnyk naukovykh prats Lutskoho NTU, Silskohospodarski mashyny zbirnyk naukovykh statey. -Vypusk 33. – Lutsk, 2015. – S. 149-155.

2. Koval S. Napryamky rozvytku konstruktsiy y uzahalneni tekhnolohichni pokaznyky zernozbyralnyy kombayniv // Tekhnika APK. - 1998. - №4. - S. 28-31.

3. Zanko M.D. Analitychne modelyuvannya vtrat zerna za molotarkoyu v zalezhnosti vid umov roboty zernozbyralnoho kombayna M.D. Zanko, V.I. Nyedovyeysov // Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya silskoho hospodarstva. Vyp. 97. 2013. С. 483-488.

4. Koval S. Kompleksne vyrishennya problem zbyrannya vrozhayu / S.Koval, V.Sheychenko // Tekhnika APK. - 2008. -№2.- S22-26.

5. Adamchuk V.V. Pro rozrobku i stvorennya v Ukrayini silskohospodarskykh mashyn suchasnoho rivnya / V.V. Adamchuk, V.M. Bulhakov, V.V. Ivanyshyn // Zb. nauk. prats Vinnytskoho natsion. ahrarn. un-tu. Seriya: Tekhnichni nauky. – Vinnytsya : VNAU, 2012. – Vyp. 11. – Т. 2 (66). – S. 8–14.

6. Sheychenko V.O. Ekonomichni aspekty pidvyshchennya nadiynosti ta yakosti vykonannya tekhnolohichnoho protsesu mashynnymy ahrehatamy / V.O. Sheychenko, P.O. Voytyuk. I.M. Shulhan // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. – Vyp. 51: Problemy nadiynosti mashyn ta zasobiv mekhanizatsitsyi silskohospodarskoho vyrobnytstva”. – КН., 2007. – S.204-211.

7. Lypkovych É.Y. Protsessy obmolota y separatsyy v molotylnykh apparatakh zernouborochnykh kombaynov. – Zernohrad: VNYPTYMÉSKH, 1973. –165 s.

8. Klenyn N.Y. Yssledovanye vymolota y separatsyy zerna. Dyssertatsyya d-ra tekhn. nauk. – М., 1977. – 424 s.

9. Antypyn V.H. O peremeshchenyy obmolachyvaemoy kultury po podbarabanyu / V.H. Antypyn, V.M. Korobytsyn // Mekhanyzatsyya y elektryfykatsyya selskoho khozyaystva. – 1979. – №8. – S.7-9.

10. Zernoubochnyye kombayny / Seryy H.F., Kosylov N.I., Yarmash YU.M., Rusanov A.I. - M.: Ahropromyzzdat, 1986. - 247 s.

11. Kolesnykov A.V. Povyshenye éffektyvnosti tekhnolohycheskoho protsessa obmolota zernobobovykh kultur putem usovershenstvovannya molotylny-separuyushchey chasty molotyly / A. V. Kolesnykov // Naukovi pratsi Pivdennoho filialu Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny "Krymskyy ahrotekhnolohichnyy universytet". Tekhnichni nauky. - 2013. - Vyp. 153. - S. 104-111.

12. Sheychenko V.A., Yssledovanye mykropovrezhdenyy y mykrotravmyrovannya zerna pry eho uborke zernoubochnymy kombaynamy / Sheychenko V.A., Kuzmych A.YA., Hrytsaka A.N., Kovalev M.M. // zhurnal «Tekhnika y oborudovanye dlya sela», №1(223) 2016, - Moskva- s.24-28.

References

1. Sheychenko V.A. Research of the grain threshing process by three-drum device / V.A. Sheychenko, V.I. Nyedovyeysov, O.N. Gritsaka // Proceedings of Lutsk National Technical University, Agricultural Machinery collection of scientific articles. Vol. 33 - Lutsk, 2015. - P. 149-155.

2. Koval S. Areas of designs and generalized technical indicators combine harvesters // APC Technology. - 1998. - №4. - P. 28-31.

3. Zanko M.D. Analytical modeling grain threshing losses depending on operating conditions combine harvester / M.D. Zanko, V.I. Nyedovyeysov // Mechanization and Electrification of Agriculture. Vol. 97. 2013. P. 483-488.

4. Koval S. Complex problems of harvesting / S. Koval, V. Sheychenko // APC Technology. - 2008. - №2. - S22-26.

5. Adamchuk V. On the development and creation in Ukraine modern farm machinery / V.V. Adamchuk, V.M. Bulgakov, V.V. Ivanyshyn // Coll. Science. Nation works Vinnitsa. agriculture Univ. Series: Engineering. - VNAU: 2012. - Vol 2 (66). - P. 8-14.

6. Sheychenko V.A. Economic aspects of improving the reliability and quality of technological process of machine units / V.A. Sheychenko, P.A. Voytyuk, I.M. Shulgan // Journal of Kharkov Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. - Vol. 51: Problems of reliability of machines and tools for mechanization of agricultural production. - H., 2007. - P. 204-211.

7. Lipkovich E.I. Processes of threshing and separation in threshing machines of combine harvesters. - Zernograd: VNIPTIMESH, 1973. -165 p.

8. Klenin N.I. Study of the threshing and separation of grain. The thesis of Dr. Tech. Sciences. - M., 1977. - 424 p.

9. Antipin V.G. On the movement of threshed culture on the concave / V.G. Antipin, V.M. Korobitsyn // Mechanization and electrification of agriculture. - 1979. - № 8. - P.7-9.
10. Combine harvesters / Seryy G.F., Kosilov N.I., Yarmash Yu.M., Rusanov A.I. - M.: Agropromizdat, 1986. - 247 p.
11. Kolesnikov A.V. Increasing the efficiency of the technological process of threshing grain legumes by improving the threshing-separating part of the thresher / A.V. Kolesnikov // Proceedings of the Southern Branch of the National Agricultural University of Ukraine "Crimean Agro-Technological University". Engineering. – 2013. - Vol. 153. - P. 104-111.
12. Sheychenko VA, Investigation of microdamages and microtraction of grain during its harvesting by combine harvesters / Sheychenko V.A., Kuzmich A.Ya., Gritsaka A.N., Kovalev M.M.// Journal "Engineering and equipment for the village", No. 1 (223) 2016, - Moscow - p.24-28.