

УДК 631.361.022

**Шейченко В.О.**

*д.т.н., старший науковий співробітник,  
професор кафедри ремонту машин і технології конструкційних матеріалів  
Полтавська державна аграрна академія  
Полтава, Україна*

**E-mail** : *vsheychenko@ukr.net*

**Дудніков І.А.**

*к.т.н., доцент, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін,  
декан інженерно-технологічного факультету,  
Полтавська державна аграрна академія  
Полтава, Україна*

**Кузьмич А.Я.**

*к.т.н., старший науковий співробітник відділу перспективних технологій та технічних засобів для збирання, обробки та зберігання врожаю зернових та олійних культур  
ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»  
Глеваха, Україна*

**E-mail** : *akuzmich75@gmail.com*

**Шевчук М.В.**

*аспірант відділу перспективних технологій та технічних засобів для збирання,  
обробки та зберігання врожаю зернових та олійних культур  
ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»  
Глеваха, Україна*

**E-mail** : *shevchuk1611@ukr.net*

**Яхін С.В.**

*к.т.н., доцент, завідувач кафедри галузевого машинобудування  
Полтавська державна аграрна академія  
Полтава, Україна*

## **РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ОБГРУНТУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВІДДІЛЕННЯ ЗЕРНА**

**Анотація**

*Розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жатки зернозбирального комбайну КЗС 9-1, завдяки якому уможливується відокремлення (на усталених режимах функціонування комбайна) 30-35% зерна на ранніх фазах транспортування зерно-соломистої маси до молотильно-сепаруючої системи.*

*Запропоновано ефективність пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki оцінювати на підставі аналізу співвідношення маси відділеного ним зерна до маси зерна, яка очікується до надходження.*

*Розрахунково-експериментальним методом встановлено, що за малих значень пропускної спроможності і довжини гону ( $q=2\text{кг/с}$ ,  $l_1=6\text{м}$ ) до 93% зерна, яке надходить в похилу камеру жатки відділяється від колоса. Це зерно осідає в нижній частині похилої камери і формує свій потік. За пропускної здатності  $2\text{кг/с}$  та довжини гону  $l_1=15\text{м}$  коефіцієнт відділення досягає значення 0,63. Зі збільшенням швидкості переміщення комбайна значення коефіцієнта відділення зерна зростає.*

**Ключові слова:** *зернозбиральний комбайн, жнивarka, пристрій попереднього обмолоту зерна, коефіцієнт відділення зерна, маса відділеного зерна.*

**Вступ.** Одним з фінансово привабливих видів діяльності сучасного сільгоспвиробника є вирощування та подальша реалізація насіння в якості посівного матеріалу [1]. Досягнення успіху в цьому напрямку багато в чому визначається досконалістю як технологічних прийомів вирощування, так і успішно обраних способів збирання і подальшої переробки врожаю, що мінімально травмують зерно. Низьку якість посівного матеріалу обумовлено істотним пошкодженням і травмуванням насіння при збиранні і його первинній обробці. Як наслідок – невідповідність основним показникам, що пред'являються до посівного матеріалу. Реагуючи на такі обставини, аграрії на 20-25% збільшують норму посіву в порівнянні з посівом кондиційного насіння.

В основу досліджень покладено гіпотезу, згідно якої передбачається можливість інтенсифікації процесу відділення насіння зернових з зерно-соломистого маси (ЗСМ) на фазах її транспортування пристроєм попереднього обмолоту жатки до молотильно-сепаруючої системи (МСС) комбайна. Відзначимо, що попередньо вимолочене зерно осідає (зосереджується) в нижній частині потоку технологічної маси і не пошкоджується основним молотильним барабаном. Воно швидше проходить крізь решітчасте підбарабання. Це, як відомо, сприяє зменшенню втрат зерна за молотаркою в соломі. Тому можна зробити висновок про доцільність попереднього обмолоту зерна робочими органами жатки до моменту потрапляння зрізаного технологічного матеріалу в похилий транспортер, що живить молотарку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Переважна більшість фахівців характеризує процес обмолоту зернової маси таким, який відбувається тільки внаслідок впливу МСС зернозбирального комбайна і не враховують динамічного характеру взаємодії інших робочих органів жнивarki і комбайна із масою, що транспортується до МСС [2-8]. Відзначимо, що в результаті впливу робочих органів на ЗСМ на шляху її проходження до МСС зв'язки зерна з колосом слабшають, а іноді і повністю руйнуються [7]. Процес обмолоту зерна виникає з моменту, коли починають взаємодіяти пальці мотовила жатки зі стеблом. Ступінь відділення зерна від маси, яку транспортує жатка, залежить від багатьох чинників: фази розвитку культури, її вологості, стиглості, сорту, динамічних складових впливу на рослини.

Висока ураженість насіння є однією з причин, що перешкоджають його просуванню на європейські та світові ринки.

У зв'язку з цим підвищення ефективності процесу обмолоту зернових культур на етапах його транспортування до МСС є досить важливим і актуальним завданням.

**Мета** дослідження - підвищити ефективність вирощування зернових завдяки обґрунтуванню конструктивних параметрів і режимів роботи пристрою до жнивarki зернозбирального комбайна для попереднього обмолоту зерна.

**Методологія досліджень.** Програмою досліджень було передбачено: випробування проміжної циліндричної проставки з пальцями, що ховаються (серійна жнивarka) у порівнянні із розробленими та виготовленими удосконаленнями пристрою попереднього обмолоту зерна експериментальної жнивarki (зубчато-лопатевий барабан циліндричний, діаметр – 330 мм) до яких віднесено: жнивarka із молотильним барабаном без додаткових планок (гладкий барабан); жнивarka із проміжним молотильним барабаном із бичем під барабаном; жнивarka із проміжним молотильним барабаном із двома додатковими планками (зубоподібні профілі із висотою планки 20мм, 30 мм та гладкою планкою); жнивarka із проміжним молотильним барабаном із чотирма додатковими (зубоподібні профілі із висотою планки 20мм, 30 мм та гладкою планкою). В якості планок використовували прямокутний трикутник (розміром 45 x 45), одну сторону якого було приєднано до бічної поверхні барабана. На іншій стороні трикутника було нарізано зубоподібний профіль у вигляді рівносторонніх трикутників висотою 20мм

та 30мм (рис. ).

Експериментальні дослідження проводили на трьох швидкостях: 2, 4 та 6 км/год у трьох повторностях на дослідних ділянках ННЦ «ІМЕСГ», засіяних пшеницею озимою сорту Миронівська 61. Урожайність поля складала 55 ц/га.

**Результати.** Проведеними нами експериментальними дослідженнями підтверджена можливість відокремлення 30-35% зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна. Нами розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна, який розташовано в похилій камері жатки зернозбирального комбайну КЗС 9-1.



**Рис. 1. Проміжний молотильний барабан та варіанти додаткових планок барабана:**  
а – гладкої; б – із зубоподібними профілями з висотою 30 мм; в – із зубоподібними профілями з висотою 20 мм

За результатами кожної проби із бункера каменеуловлювача, який розміщено перед основним молотильним барабаном, відбиралася маса, що накопичувалася там. Ця маса представляла собою суміш відділеного від колосу зерна, необмолоченого зерна у колоску, вороху і соломи. Накопичену у каменеуловлювачі масу розміщали у спеціально підготовлені пакети попередньо їх підписавши.

Ефективність запропонованого пристрою попереднього обмолоту зерна жатки (ширина захвату 6м) чисельно запропоновано оцінювати співвідношенням маси відокремленого їм зерна до маси зерна, що має надійти з дослідної ділянки:

$$k_A = \frac{m_{\zeta}}{m_{\zeta, \text{т.з}}} \quad (1)$$

де  $m_{\zeta}$  - маса відділеного пристроєм зерна (встановлюється експериментально), кг;

$m_{\zeta, \text{т.з}}$  - маса зерна, яку очікується до надходження у похилу камеру пристрою за результатами дослідів (визначається розрахунковим методом), кг.

Цей показник комплексно характеризує узгодженість в системі збирання та обмолоту культури цілої низки техніко-експлуатаційних показників використання комбайна з її агробіологічними факторами.

Коефіцієнт відділення зерна від колосу ( $k_A$ ) спільно із абсолютним значенням маси цього зерна ( $m_{\zeta}$ ) уможливають комплексно оцінити конструкційно-технологічне і технічне рішення щодо пристрою попереднього обмолоту зерна.

До пристрою попереднього обмолоту зерна надходить ЗСМ загальна кількість якої співпадає із масою, що надходить до молотарки. Згідно із [1-6] кількість цієї маси (пропускну здатність,  $q$ , кг/с) визначали за залежністю:

$$q = \frac{Bk_{\text{т.з}} V_M Q}{360} \quad (2)$$

де  $Q$  - врожайність зерна і соломи, ц/га;

$$Q = Q_z + Q_z\beta,$$

$Q_z$  - врожайність зерна, ц/га;

$\beta$  - частка соломи за масою відносно врожайності зерна;

$B$  - ширина захвату жатки, м;

$v_M$  - швидкість руху комбайна, км/год;

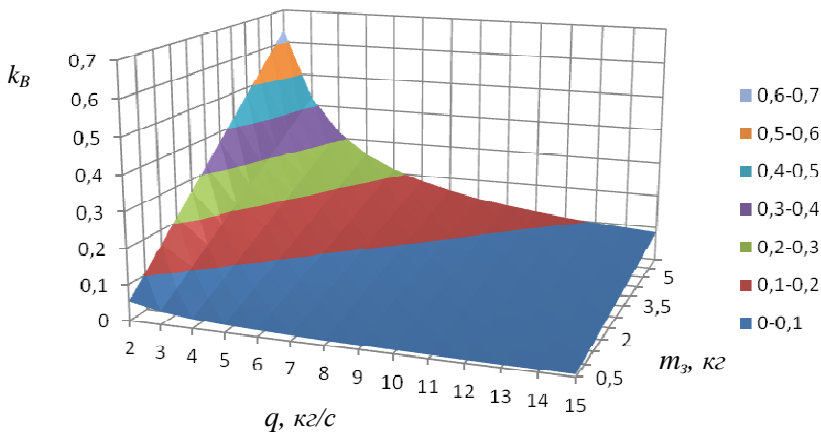
$k_{ria}$  - коефіцієнт ефективності використання ширини захвату жатки (за експериментальними даними значення цього коефіцієнта коливається в межах 0,94-0,99).

Внаслідок простих перетворень отримали:

$$k_A = \frac{m_c}{m_{i+c}} = \frac{5m_c v_M}{18ql_i} (1 + \beta) \quad (3)$$

де  $l_i$  - довжина дослідної ділянки, м.

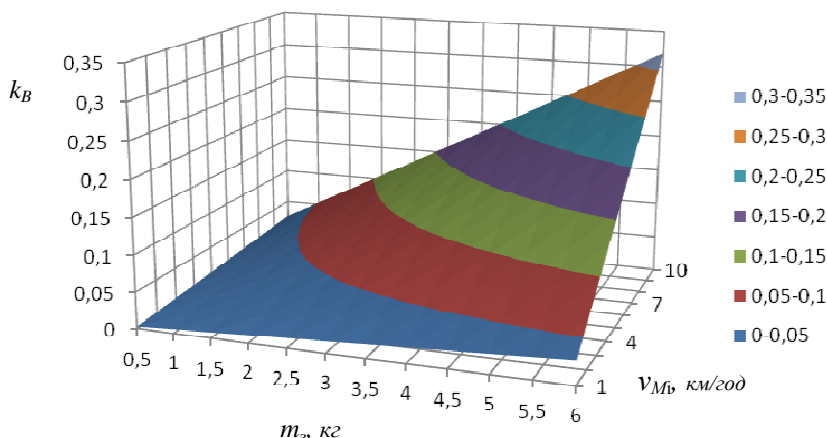
На рис. 2-4 наведено розрахунково-експериментальні залежності коефіцієнта відділення зерна ( $k_A$ ) від різних факторів: маси відділеного пристроєм зерна ( $m_c$ ) та пропускної здатності ( $q$ ) (рис. 2); маси відділеного пристроєм зерна ( $m_c$ ) та швидкості руху комбайна ( $v_M$ ) (рис. 3); маси відділеного пристроєм зерна ( $m_c$ ) та  $\beta$  - частки соломи за масою відносно врожайності зерна (рис. 3). Довжина експериментальної ділянки (довжина гону комбайна) має суттєвий вплив на значення коефіцієнта відділення зерна (рис. 2-4). Зі збільшенням довжини ділянки значення коефіцієнта відділення зерна зменшується. Це пов'язано з тим, що обсяг камери камнеуловлювача, звідки здійснювався забір проб обмолоченого зерна, обмежений, що на довгих прогонах призводить до спотворення результатів вимірювань.



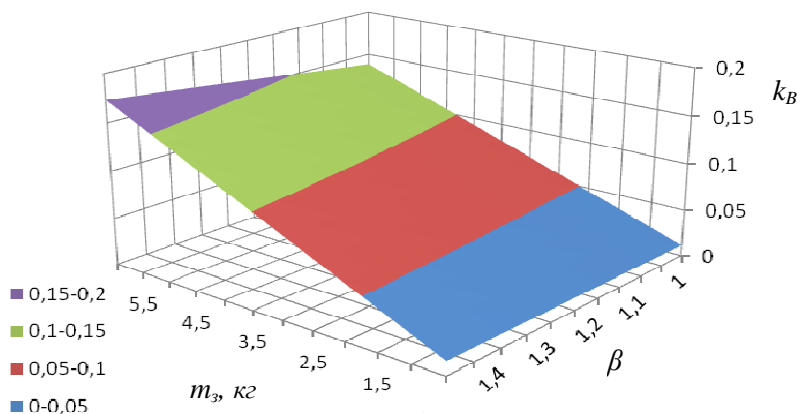
**Рис. 2. Залежність коефіцієнта відділення зерна ( $k_A$ ) від маси відділеного пристроєм зерна ( $m_c$ ) та пропускної здатності ( $q$ ) за умов ( $l_i=15\text{м}$ ;  $\beta=1,3$ ;  $v_{Mi}=5\text{км/год}$ )**

Аналізуючи залежність (3) та побудовані за нею рис. 2-4 відмітимо, що за малих значень пропускної спроможності і довжини гону ( $q=2\text{кг/с}$ ,  $l_i=6\text{м}$ ) створюються умови, за яких коефіцієнт відділення набуває найбільшого значення. Встановлено, що за таких умов до 93% зерна, яке надходить в похилу камеру жатки відділяється від колоса. Це

зерно осідає в нижній частині похилої камери і формує свій потік. За пропускної здатності 2кг/с та довжині гону  $l_i=15\text{м}$  коефіцієнт відділення досягає значення 0,63.



**Рис. 3.** Залежність коефіцієнта відділення зерна ( $k_A$ ) від маси відділеного пристроєм зерна ( $m_ç$ ) та швидкості руху комбайна ( $v_{Mi}$ ) за умов ( $l_i=15\text{м}$ ;  $\beta=1.3$ ;  $q=8\text{кг/с}$ )



**Рис. 4.** Залежність коефіцієнта відділення зерна ( $k_A$ ) від маси відділеного пристроєм зерна ( $m_ç$ ) та частки соломи за масою відносно врожайності зерна ( $\beta$ ) за умов ( $l_i=15\text{м}$ ;  $q=8\text{кг/с}$ ;  $v_{Mi}=5\text{км/год}$ ;)

Зі збільшенням швидкості переміщення комбайна значення коефіцієнта відділення зерна зростає (рис. 3). Так, швидкості 2км/год відповідає  $k_A=0,1$ , з-за умов  $v_M=6\text{км/год}$  –  $k_A=0,3$ ; за умов  $v_M=10\text{км/год}$  –  $k_A=0,5$ , відповідно.

**Висновки і перспективи.** Таким чином, в ході досліджень розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жатки зернозбирального комбайну КЗС 9-1, завдяки якому уможливується відіокремлення 30-35% зерна на ранніх фазах його транспортування до МСС комбайна.

Запропоновано ефективність пристрою попереднього обмолоту зерна жнивarki оцінювати на підставі аналізу співвідношення маси відділеного ним зерна до маса зерна, яка очікується до надходження.

Встановлено залежність (3) коефіцієнта відділення зерна від колосу ( $k_A$ ), який уможливило комплексно оцінити конструкційно-технологічні і технічні рішення щодо пристрою попереднього обмолоту зерна.

Встановлено, що за малих значень пропускної спроможності і довжини гону ( $q=2\text{кг/с}$ ,  $l_i=6\text{м}$ ) до 93% зерна, яке надходить в похилу камеру жатки відділяється від колоса. Це зерно осідає в нижній частині похилої камери і формує свій потік. За пропускної здатності  $2\text{кг/с}$  та довжини гону  $l_i=15\text{м}$  коефіцієнт відділення досягає значення 0,63.

Зі збільшенням швидкості переміщення комбайна значення коефіцієнта відділення зерна зростає (рис. 3). Так швидкості  $2\text{км/год}$  відповідає  $k_A=0,1$ , за умов  $v_M=6\text{км/год}$  –  $k_A=0,3$ ; за умов  $v_M=10\text{км/год}$  –  $k_A=0,5$  відповідно.

#### Список використаних джерел

1. Шейченко В.А., Кузьмич А.Я., Грицака А.Н., Ковалев М.М. Исследование микроповреждений и микротравмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами. *Техника и оборудование для села*. 2016. №1 (223). С. 24-28.
2. Липкович Э.И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов. *Зерноград: ВНИПТИМЭСХ*, 1973. 165 с.
3. Кленин Н.И. Исследование вымолота и сепарации зерна. Диссертация д-ра техн. наук. Москва, 1977. 424 с.
4. Шейченко В.О., Недовесов В.І., Грицака О.М. Дослідження обмолоту зерна трибарабанною молотаркою. *Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини збірник наукових статей*. 2015. Випуск 33. С. 149-155.
5. Занько М.Д., Недовесов В.І. Аналітичне моделювання втрат зерна за молотаркою в залежності від умов роботи зернозбирального комбайна. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Вип. 97. 2013. С. 483-488.
6. Коваль С., Шейченко В. Комплексне вирішення проблем збирання врожаю. *Техніка АПК*. 2008. №2. С22-26.
7. Антипин В.Г., Коробицын В.М. О перемещении обмолачиваемой культуры по подбарабанью. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1979. № 8. С.7-9.
8. Серый Г.Ф., Косилов Н.І., Ярмаш Ю.М., Русанов А.І. Зерноуборочные комбайны. Москва : Агропромиздат, 1986. 247 с.

Дата надходження статті до редакції : 23.04.2017

1 рецензування: 05.05.2017 Прийняття в друк: 30.05.2017

#### **Sheychenko V.O.**

*Dr. Sc.(Techn.), Senior Research Scientist, Professor,  
Department of repair of machines and technology of structural materials  
Poltava State Agrarian Academy  
Poltava, Ukraine*

*E-mail : vsheychenko@ukr.net*

#### **Dudnikov I.A.**

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor, Dean  
Faculty of Engineering and Technology  
Poltava State Agrarian Academy  
Poltava, Ukraine*

**Kuzmych A.Ya.**

*Ph.D. (Techn.), Senior Research Scientist  
Department of Advanced Technologies and Technical Means for Harvesting,  
Processing and Storage of Grain and Oilseeds Crops  
NRC «Institute of Agriculture Engineering and Electrification»  
Glevaha, Ukraine*

*E-mail : akuzmich75@gmail.com*

**Shevchuk M.V.**

*Postgraduate Student  
Department of Advanced Technologies and Technical Means for Harvesting,  
Processing and Storage of Grain and Oilseeds Crops  
NRC «Institute of Agriculture Engineering and Electrification»  
Glevaha, Ukraine*

*E-mail : shevchuk1611@ukr.net*

**Yakhin S.V.**

*Ph.D. (Techn.), Associate Professor, Head of Department  
Department of sectoral engineering  
Poltava State Agrarian Academy  
Poltava, Ukraine*

## РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ОБГРУНТУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВІДДІЛЕННЯ ЗЕРНА

**Анотація**

Розроблено пристрій попереднього обмолоту зерна жатки зернозбирального комбайну КЗС 9-1, завдяки якому уможливується відокремлення (на усталених режимах функціонування комбайна) 30-35% зерна на ранніх фазах транспортування зерно-соломистої маси до молотильно-сепаруючої системи.

Запропоновано ефективність пристрою попереднього обмолоту зерна жниварки оцінювати на підставі аналізу співвідношення маси відділеного ним зерна до маса зерна, яка очікується до надходження.

Розрахунково-експериментальним методом встановлено, що за малих значень пропускної спроможності і довжини гону ( $q=2\text{кг/с}$ ,  $l_i=6\text{м}$ ) до 93% зерна, яке надходить в похилу камеру жатки відділяється від колоса. Це зерно осідає в нижній частині похилої камери і формує свій потік. За пропускної здатності  $2\text{кг/с}$  та довжини гону  $l_i=15\text{м}$  коефіцієнт відділення досягає значення 0,63. Зі збільшенням швидкості переміщення комбайна значення коефіцієнта відділення зерна зростає.

**Ключові слова:** зернозбиральний комбайн, жниварка, пристрій попереднього обмолоту зерна, коефіцієнт відділення зерна, маса відділеного

## CALCULATION AND EXPERIMENTAL METHOD OF SUBSTANTIATION OF THE GRAIN SEPARATION COEFFICIENT

**Abstract**

To improve the efficiency of grain crops harvesting processes by establishing of design parameters and operating modes of the device for the combine harvester previous threshing system is used.

Experimental studies were conducted on a real design combine harvester KZS-9-1 «Slavutych».

The device of preliminary threshing of a grain harvester KZS 9-1 was investigated. It helps to separate 30-35% of grain in the early phases of transportation of grain-straw mass to the threshing-separating system of combine.

The efficiency of grain preliminary threshing harvester device was estimated on the basis of the analysis of separated grain mass to the expected grain mass. The dependence of the separation factor of grain from the

ears is established, which makes it possible to comprehensively evaluate the structural, technological and technical decisions concerning the device of previous threshing system.

By calculation and experimental method it was established that for small values of capacity (2 kg/s) and length of field area (6 m) up to 93% of grain entering the feeder house of the reaper separates from the ear. This grain is deposited in the lower part of the feeder house and forms its flow. At the capacity of 2kg/s and the length of the field area of 15m, the grain separation coefficient reaches a value of 0.63. With the increase in the speed of the combine, the grain separation coefficient increases. The grain separation coefficient is 0.1 at a speed of combine 2 km/h, is 0.3 at a speed of combine 6 km/h and is 0.5 at a speed of combine 10 km/h.

**Keywords:** grain harvester, grain header, equipment for preliminary threshing of grain, grain separation coefficient, mass of separated grain.

### References

1. Sheichenko, V.A., Kuzmych, A.Ia., Hrytsaka, A.N., & Kovalev M.M. (2016). *Issledovanie mikropovrezhdeniy i mikrotravmirovaniya zerna pri ego uborke zernouborochnyimi kombaynami* [Investigation of micro-damage and microtrampling of grain during its harvesting by combine harvesters]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela, 1(223)*, 24-28. [In Russian].
2. Lipkovich, E.I. (1973). *Protsessyi obmolota i separatsii v molotilnyih apparatah zernouborochnyih kombaynov* [Processes of threshing and separation in threshing machines of combine harvesters]. Zernograd: VNIPTIMESH [In Russian].
3. Klenin, N.I. (1977). *Investigation of the threshing and separation of grain*. (Unpublished doctoral thesis). MNU, Moscow. [In Russian].
1. Sheichenko, V.O., Niedoviesov, V.I., & Hrytsaka, O.M. (2015). *Doslidzhennia obmolotu zerna trybarabannoiu molotarkoiu* [Research of threshing grain of three drum thresher]. *Zbirnyk naukovykh prats Luts'koho NTU, Silskohospodarski mashyny zbirnyk naukovykh statei, 33*, 149-155. [in Ukrainian].
2. Zanko, M.D., & Niedoviesov, V.I. (2013). *Analitychne modeliuвання vtrat zerna za molotarkoiu v zalezhnosti vid umov roboty zernozbyralnoho kombaina* [Analytical modeling of grain losses by a thresher, depending on the conditions of the grain harvesting combine]. *Mekhanizatsiia ta elektrifikatsiia sil'skoho hospodarstva, 97*, 483-488. [in Ukrainian].
3. Koval, S., & Sheichenko, V. (2008). *Kompleksne vyrishennia problem zbyrannia vrozhaiu* [Comprehensive solution to harvest problems]. *Tekhnika APK, 2*, 22-26. [in Ukrainian].
4. Antipin, V.G., & Korobitsyin, V.M. (1979). *O peremeschenii obmolachivaemoy kulturyi po podbarabanyu* [On the movement of threshed culture on the concave]. *Mekhanizatsiia i elektrifikatsiia sel'skogo hozyaystva, 8*, 7-9. [In Russian].
5. Seryiy, G.F., Kosilov, N.I., Yarmash, Yu.M., & Rusanov, A.I. (1986). *Zernouborochnyie kombayny* [Combine harvesters]. Moscow : Agropromizdat [In Russian].

Received: April 23, 2017

1st Revision: May 05, 2017 Accepted: May 30, 2017