

УДК 631.361.43: 664.788

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДРОБАРКИ ЗЕРНА ПРЯМОГО УДАРУ

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Ялпачик О.В., асп.,

Гамова А.В., магістр.*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена аналізу останніх досягнень по створенню обладнання для подрібнення зерна та визначенню конструкції дробарки зерна прямого удару.

Ключові слова– подрібнення зерна, аналіз стану, дробарка, прямий удар, обґрунтування, конструкція.

Постановка проблеми. Подрібнення значною мірою впливає на ефективність використання кормів, а також є однією з важливих і самих енергоємних операцій у технології виготовлення комбикормів. На подрібнення припадає близько 65 % загальних витрат, що складає приблизно 33% собівартості готової продукції[1,2].

Технологічні схеми подрібнення зерна сьогодні розвиваються в напрямку зниження енерговитрат, поліпшення якості, рівномірності подрібнення, розширення технологічних можливостей, повної механізації завантаження й вивантаження, а також раціональної організації процесу подрібнення [3,4,5].

Однак при цьому необхідно уникати переподрібнення, оскільки при дрібнопомелі зростають втрати від розпилення борошнистих пилоподібних фракцій, а питома витрата енергії на подрібнення збільшується в 2-3 рази в порівнянні із середнім і грубим помелом. При цьому дрібна частина корму погано засвоюється тваринами.

Тому подрібнювачі зернових матеріалів повинні забезпечити відповідний модуль помолу (в залежності від виду тварин) з мінімальним вмістом пиловидної фракції.

Аналіз останніх досліджень. Виходячи з основних напрямків розвитку технологічних схем подрібнення зерна та вимог, які пред'являються до дробарок, розглянемо основні шляхи вдосконалювання конструкції дробарки зерна прямого удару.

©Гвоздєв О. В., Ялпачик О. В., Гамова А. В.

*Науковий керівник - к.т.н., доц. Гвоздєв О. В.

Підвищити ефективність подрібнення зерна можливо за рахунок багатоступеневого подрібнення та видалення подрібнених часток із дробильної камери при переході від однієї ступені подрібнення до другої, що означає відсутність переподрібнення матеріалу та зменшення маси циркулюючого навантаження [4].

Нами розроблені спосіб і пристрій для подрібнення зерна прямим ударом робочих органів у вигляді металевих пальців [6,7,8,9].

Така дробарка прямого удару досить компактна, не вимагає використання потужного приводного устаткування і може ефективно використовуватися на малих тваринницьких фермах [9].

Удосконалення процесу подрібнення зерна повинне полягати в підвищенні ефективності передачі частці енергії при активному ударі робочого органу по матеріалу. Конструкції камери подрібнення, а також робочих органів повинні виключати такі недоліки, як переподрібнення матеріалу й зменшення маси циркулюючого навантаження.

Виходячи з аналізу вищевикладеного, припустимо наступне. Якщо завантажувати камеру зверху рівномірно розподіленим потоком зерна, то весь потік подрібненого матеріалу буде рухатися униз, паралельно осі обертання ротора, і дрібні частки, маючи меншу швидкість обертання будуть легше виділятися з потоку, знижуючи тим самим переподрібнення й підвищуючи якість одержуваного продукту.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є проведення аналізу останніх досягнень по створенню обладнання для подрібнення зерна та визначення параметрів конструкції камери подрібнення дробарки зерна прямого удару.

Основна частина. На підставі вищенаведеного та за результатами власних досліджень нами розроблено конструкцію камери подрібнення дробарки зерна прямого удару.

Дробарка працює таким чином (рис. 1). Попередньо очищене зерно без сортування на фракції за розміром надходить через бункер – дозатор 15 до живильного бункеру 5, де, проходячи по внутрішньому конусу 7, який виконано у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподіляючу поверхню з брахистохронною властивістю, між якими розташовано щілинні отвори 9, розподіляється на фракції (наприклад, на три фракції, як показано на кресленні стрілками I, II, III), за рахунок чого підвищується продуктивність пристрою. Кожна фракція зерна окремо рівномірно розподіляється розподільником фракцій 10. Дрібна фракція поступає на поверхню розподільного конусу 11, середня – на конус 12, велика – на конус 13. Кількість щілинних отворів 9 відповідає кількості суцільних конусів розподільника фракцій 10 та кількості рядів робочих елементів 4, причому у кожному ряду, крім першого, кінцівки робочих елементів 4 розташовані під кутом α .

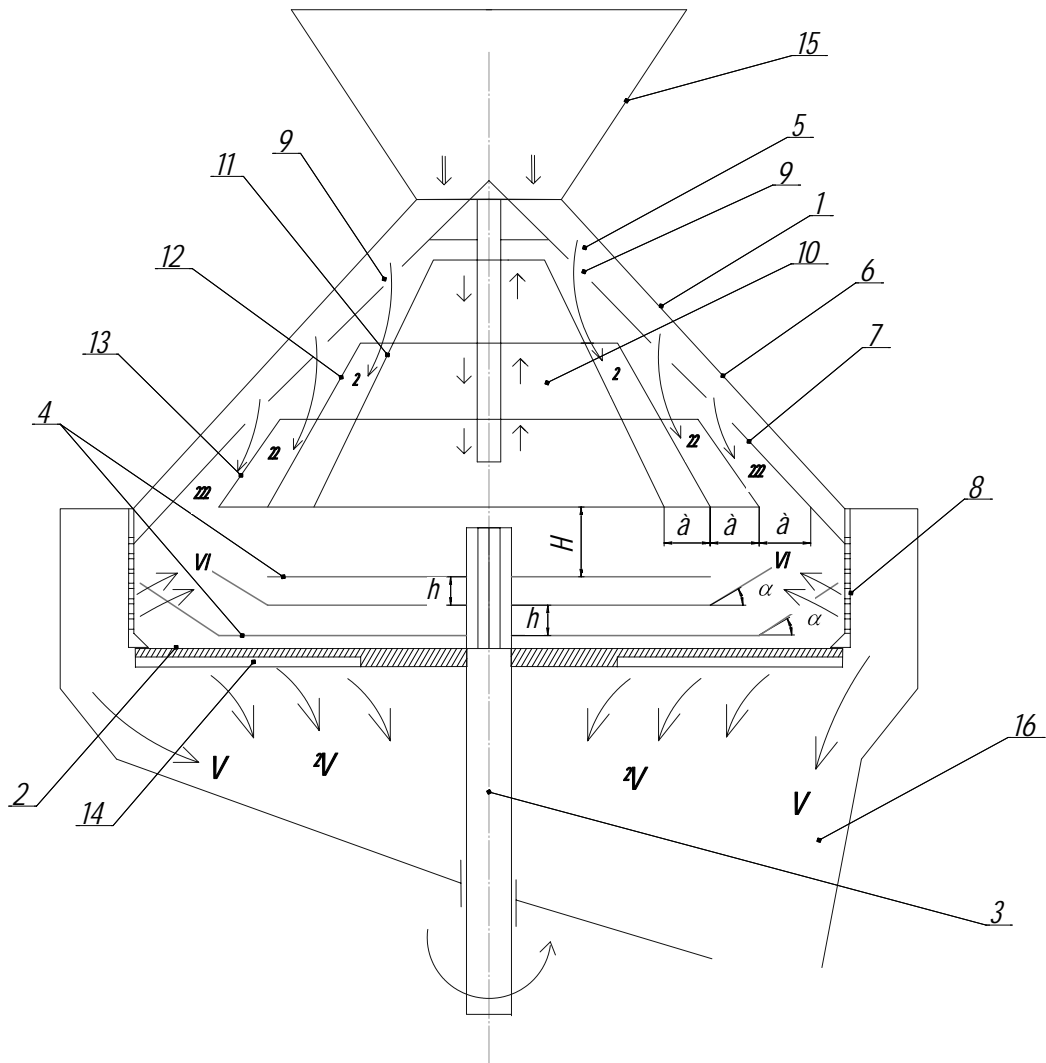


Рис. 1. – Схема розробленої конструкції камери подрібнення дробарки зерна прямого удару:

1 – корпус; 2 – диск; 3 – вал; 4 - робочі елементи у вигляді тонких стрижнів; 5 - живильний бункер; 6 - конус зовнішній; 7 - конус внутрішній; 8 - циліндрична перегородка; 9 - щілинні отвори; 10 - розподільник фракцій; 11, 12, 13 - набір суцільних конусів; 14 - канали клиноподібної форми; 15 - бункер – дозатор; 16 - вихідний патрубок.

Кут α вигину кінцівок робочих елементів визначається по формулі:

$$\alpha = \arctg \frac{h}{a}, \quad (1)$$

де h – відстань між рядами робочих елементів 4;

a – відстань між основами суцільних конусів розподільника фракцій 10.

Довжина робочих елементів 4 першого ряду дорівнює радіусу основи другого від валу суцільного конусу розподільника фракцій 10,

а відстані до точок вигину кінцівок робочих елементів наступних рядів дорівнюють відповідним радіусам основ суцільних конусів.

Таке подавання забезпечує рівномірне надходження зерна кожної фракції окремо на свою частку диску 2, де й реалізується однократний прямий удар в площині перпендикулярній площині падіння зерна робочими елементами (стрижнями) 4. Для регулювання об'ємної кількості кожної фракції зерна, в залежності від початкового фракційного складу, суцільні розподільчі конуси 11, 12, 13 виконані з можливістю вертикального регулювання по висоті кожного конусу окремо. Наприклад, зерно має велику кількість дрібної фракції, тоді опускають конуси 12 і 13, що збільшує зону прийому дрібної фракції.

Подрібнена суміш часток зерна попадає на диск 2 і рухається уздовж каналів 14 клиноподібної форми, здобуваючи при цьому необхідну швидкість під дією відцентрових сил. При русі часток суміші уздовж каналів 14 клиноподібної форми, вони сепаруються відповідно своєму розміру, як показано на кресленні стрілками IV.

Частки, розмір яких перевищує максимальний розмір сепаруючих каналів 14 диска й частки, які не виділилися через канали диска, під дією відцентрових сил з великою швидкістю відкидаються на циліндричну перегородку 8, яка виконана у вигляді жалюзійного сепаратора. Тут також вони сепаруються відповідно своєму розміру й виводяться із зони дроблення, як показано на кресленні стрілками V.

Частки, розмір яких перевищує максимальний розмір сепаруючих каналів циліндричної перегородки 8, відбиваються від нею (як показано на кресленні стрілками VI) и попадають у зону дії робочих елементів (стрижнів) 4, дробляться ними, сепаруються відповідно своєму розміру й виводяться з зони дроблення, як показано на кресленні стрілками IV, або V.

Далі продукти лушення та подрібнення попадають до вихідного патрубку 16 та направляються на подальшу переробку.

Таке сполучення суттєвих ознак, як виконання внутрішнього конусу у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподіляючу поверхню з брахистохронною властивістю, дозволяє забезпечити підвищення продуктивності подрібнення, бо поверхні з цією властивістю є поверхнями найшвидшого скату, а узгодженість кількості щілинних отворів, кількості суцільних конусів розподільника фракцій, кількості рядів робочих елементів та погодженість їх конструктивного виконання з виконанням основ суцільних конусів ведуть до підвищення вірогідності руйнування часток зерна одним ударом і видалення дрібних часток із дробильної камери в міру їхнього утворення, збільшенні вірогідності та енергії зіткнення зернівок різних розмірів зі стрижнями, що підвищує рівномірність фракційного складу подрібнених часток, рівномірність лушення та подрібнення, збільшує продуктивність

та знижує енергоємність процесу.

Нами отримано рівняння швидкості зернівки v на виході з конусу розподільника фракцій, яке має наступний вид:

$$v = \sqrt{\frac{2gR(1-2f^2)}{1+4f^2} + v_0^2 e^{-\pi f}}, \quad (2)$$

де R – радіус основи розподільного конуса;

f – коефіцієнт тертя зернівки о розгінну поверхню розподільного конуса;

v_0 – початкова швидкість зернівки;

g – прискорення вільного падіння.

При $v_0 = \sqrt{2gSf}$ формула (2) приймає вид

$$v = \sqrt{\frac{2gR(1-2f^2)}{1+4f^2} + 2gfSe^{-\pi f}}, \quad (3)$$

де S – довжина розгінної поверхні розподільного конуса.

Умова дотримання рівності радіусів кривизни таутохронних кривих в основі конусів їхнім радіусам основ забезпечує схід зерна зі швидкістю v_z назустріч швидкості робочих органів (стрижнів) v_p дробарки й кутом φ між віссю Y і дотичній до траєкторії руху рівному 90° .

Зерно, що подається таким чином в подрібнювальну камеру при сході його з конусу розподільника фракцій до зустрічі із стержнями 1-го ряду ротора, отримую в результаті вільного падіння швидкість

$$v = gt_0, \quad (4)$$

де t_0 – час падіння зерна до зустрічі із стержнями,

$$t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad (5)$$

де H – відстань від основи конуса до поверхні обертання першого ряду стержнів ротора.

Далі відбувається удар стержня першого ряду ротора по зерну. Час ударної дії залежить від швидкості обертання ротора і кількості стержнів в одному ряду:

$$t_{cm} = \frac{60}{m \cdot n}, \quad (6)$$

де m – кількість стержнів у ряді ротора;

Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

n - число обертів ротора в хвилину.

Тоді тривалість польоту зерна до виходу із зони дії першого ряду стержнів буде:

$$t_1 = t_0 + t_{cm} = \sqrt{\frac{2H}{g}} + \frac{60}{mn} \quad (7)$$

Процес руху зерна в дробарці з вертикальною віссю обертання ротора можна представити спрощено у вигляді циклограм залежності тривалості (часу) дроблення зерна, що зійшло з кожного конуса розподільника фракцій, і взаємодії його з кожним рядом стержнів ротора по шляху L його польоту.

На рисунку 2 представлена циклограма залежності тривалості (часу) дроблення зерна, що зійшло з першого від валу ротора конуса розподільника фракцій, і взаємодії його з кожним рядом стержнів ротора по шляху L його польоту.

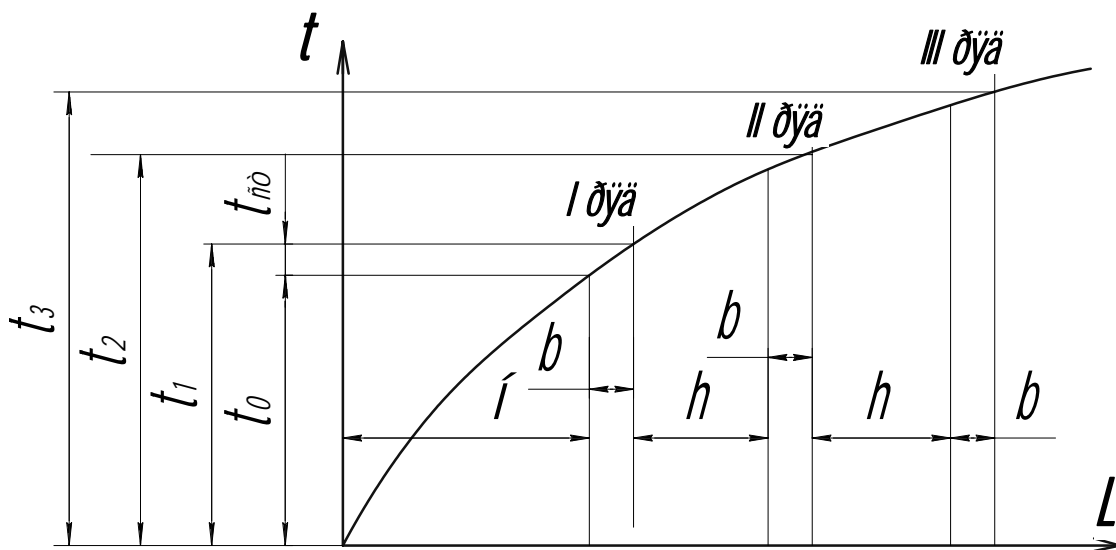


Рис. 2. Циклограма залежності тривалості (часу) дроблення зерна, що зійшло з першого від валу ротора конуса розподільника фракцій, і взаємодії його з кожним рядом стержнів ротора

На рисунках 3 і 4 відповідно: циклограма залежності тривалості (часу) дроблення зерна, що зійшло з другого і третього конуса розподільника фракцій, і взаємодії його з кожним рядом стержнів ротора по шляху L його польоту.

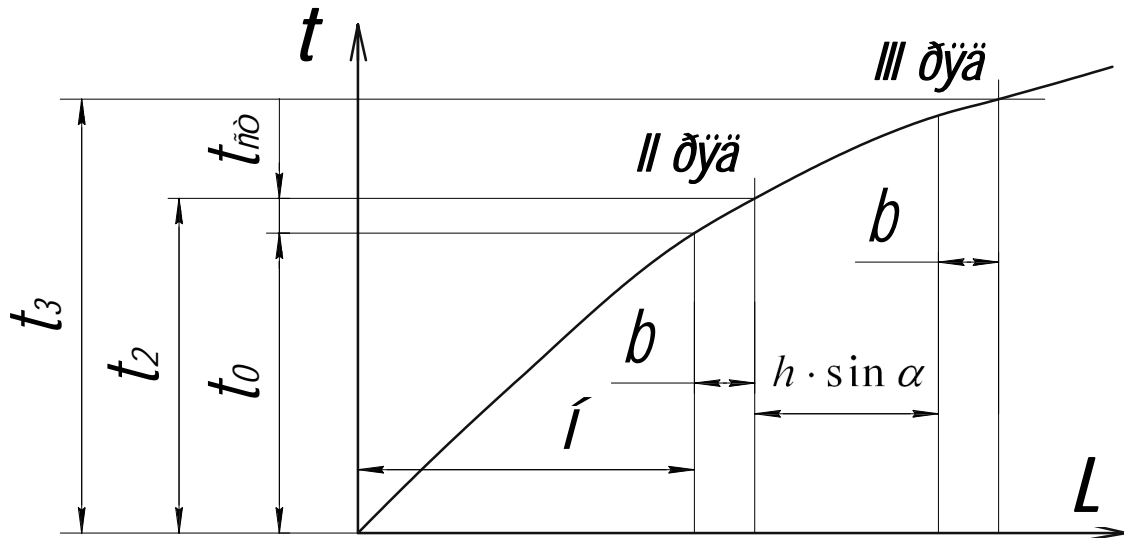


Рис. 3. Циклограма залежності тривалості (часу) дроблення зерна, що зійшло з другого від валу ротора конуса розподільника фракцій, і взаємодії його з другим і третім рядами стержнів ротора

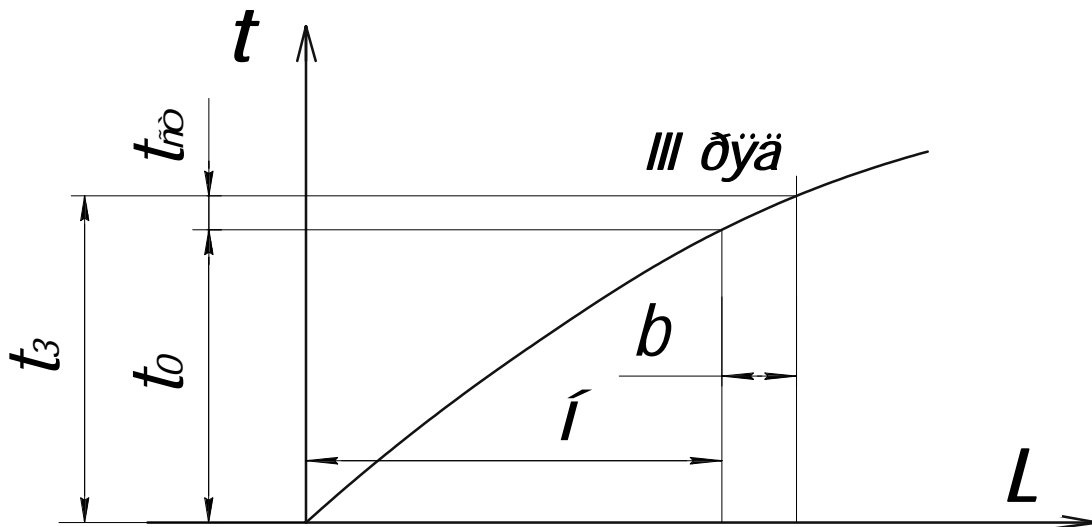


Рис. 4. Циклограма залежності тривалості (часу) дроблення зерна, що зійшло з третього від валу ротора конуса розподільника фракцій, і взаємодії його з третім рядом стержнів ротора

По цих циклограмах (рис. 2,3,4) видно, що, зерно, що поступає з бункера, при падінні за час t досягає стержнів першого ряду ротора, що мають товщину b . Продукти його подрібнення після першого удару молотків за час t_1 поступають в зону дії другого ряду молотків, а далі за час t_2 - третього ряду молотків ротора. Тривалість течії зерна до виходу з кожного ряду молотків ротора позначена індексами t_1 , t_2 , t_3 .

Згідно з рисунком 2 маємо

$$t_1 = t_0 + t_{cm} \quad (8)$$

$$t_2 = t_0 + t_{12} + 2t_{cm} \quad (9)$$

$$t_3 = t_0 + t_{12} + t_{23} + 3t_{cm} \quad (10)$$

За умови рівності відстані h між рядами стержнів і $t_{12} = t_{23} + t_{ij}$, формула (10) набере вигляду

$$t_3 = t_0 + 2t_{ij} + 3t_{cm} \quad (11)$$

Зважаючи, що $t_0 = f(H)$, $t_{ij} = f(h)$ и $t_{cm} = f(b)$, отримуємо:

- тривалість (час) дроблення зерна, що зійшло з першого від валу ротора конуса розподільника фракцій

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(H + 2h + 3b)}{g}} \quad ; \quad (12)$$

- тривалість (час) дроблення зерна, що зійшло з другого від валу ротора конуса розподільника фракцій

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(H + h \cdot \sin \alpha + 2b)}{g}} \quad ; \quad (13)$$

- тривалість (час) дроблення зерна, що зійшло з третього від валу ротора конуса розподільника фракцій

$$t_3 = \sqrt{\frac{2(H + b)}{g}} \quad . \quad (14)$$

Товщину стержнів можна визначити по формулі

$$b_{\min} = \frac{60 \cdot \sqrt{2gH}}{m \cdot n} \quad . \quad (15)$$

При $H = 0,1$ м, $h = 0,04$ м і $b = 0,005$ м, згідно до формул (12), (13) і (14) отримуємо тривалість (час) дроблення зерна, що зійшло відповідно з першого, другого і третього конуса розподільника фракцій: $t_1 = 0,199$ с, $t_2 = 0,163$ с і $t_3 = 0,146$ с.

Видно, що використання розробленої конструкції ротора із стержнями різної довжини і зі встановленням їх під кутом α дозволяє знизити енергоємність дроблення на 18...26% за рахунок виключення

повторної дії стержнів на зерно і тим самим підвищити якість дроблення за рахунок виключення переподрібнення зерна.

Висновки. Виконання внутрішнього конусу у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподіляючу поверхню з брахистохронною властивістю дозволяє забезпечити підвищення продуктивності подрібнення, бо поверхні з такою властивістю є поверхнями найшвидшого скату, а узгодженість кількості щілинних отворів, кількості суцільних конусів розподільника фракцій, кількості рядів робочих елементів та погодженості їх конструктивного виконання з виконанням основ суцільних конусів веде до підвищення вірогідності руйнування часток зерна одним ударом і видалення дрібних часток із дробильної камери в міру їхнього утворення, збільшення вірогідності та енергії зіткнення зернівок різних розмірів зі стержнями, що підвищує рівномірність фракційного складу подрібнених часток, рівномірність лущення та подрібнення, збільшує продуктивність та знижує енергоємність процесу.

Використання розробленої конструкції ротора із стержнями різної довжини і зі встановленням їх під кутом α дозволяє знизити енергоємність дроблення на 18...26% за рахунок виключення повторної дії стержнів на зерно і тим самим підвищити якість дроблення за рахунок виключення переподрібнення зерна.

Література:

1. *Ревенко И.И.* Эффективность одно- и двухстадийного измельчения кормов. И.И. Ревенко // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – №5. – С. 28-30.
2. *Олексієнко В.О.* Підвищення ефективності роботи молоткових кормодробарок: Дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Олексієнко В.О. – Мелитополь, 2006. – 173 с.
3. *Акименко А.В.* Совершенствование процесса измельчения фуражного зерна / А.В. Акименко, А.А. Сундеев, В.В. Воронин // Хранение и переработка зерна. – 2011. – №2. – С. 45 – 47.
4. *Денисов В.А.* Повышение эффективности процесса измельчения зерновых компонентов комбикормов: Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук / В.А. Денисов. – М., – 1992. – 32 с.
5. Повышение эффективности процесса и технических средств механизации измельчения кормов: Дис... д-ра техн. наук. В.Р. Алешкин- Киров, 1995. – 412 с.
6. Патент на винахід № 50426. Україна, А23N5/00. Пристрій для лущення та подрібнення зерна. / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялчак, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялчак. – Бюл. №11 від 10.06.2010.
7. Патент на винахід № 93312. Україна, А23N5/00, В02С 13/00/ Пристрій для лущення та подрібнення зерна. / Т.О. Шпиганович, Ф.Ю. Ялчак, О.В. Гвоздєв, О.В. Ялчак. – Бюл. №2 від 25.01.2011.

8. Патент на винахід № 95435. Україна, А23N5/00, В02С 13/00/ Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ *Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик.* -Бюл.№14 від 25.07.2011.

9. *Шпиганович Т.О.* Дробарка прямого удару з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення / *Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик* // Техніка і технологія АПК. - №12. – С. 7-10.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДРОБИЛКИ ЗЕРНА ПРЯМОГО УДАРА

Гвоздев О.В., Ялпачик О.В., Гамова А.В.

Анотація –робота посвящена аналізу останніх досягнень по створеннюоборудования для измельчения зерна и обоснованию конструкции дробилки зерна прямого удара.

SUBSTANTIATION OF DESIGN OF THE GRAIN CRUSHER OF DIRECT BLOW

O.Gvozdev, O.Yalpachik, A.Garmowa

Summary

A paper analyses the last achievements on the development of equipment for the grain disintegration and substantiates of the crusher of grain of direct blow.