

запорукою створення надійної кормоприготувальної техніки, що забезпечить відповідну якість оброблення сировини і дасть необхідну інформацію для конструктивних рішень, які дозволять обробляти зерновий матеріал різних класів на одних і тих же машинах за рахунок незначних технічних регулювань.

Список літератури

1. Костенко В. І. Перспективи використання комбінованого кормоприготувального агрегату для великої рогатої худоби / В. І. Костенко, О. О. Заболотько, В. С. Хмельовський // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 2008. – №12. – С. 235–238.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін. ; За ред. С. С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

Аннотация. В статье наведено описание испытательного оборудования, которое используется на кафедре механики НУБіП Украины, для определения механических свойств зерновых материалов, которые влияют на энергетические затраты в процессе приготовления кормов.

Ключевые слова: зерно, механические испытания, энергетические затраты, кормоприготовление

Annotation. The paper contains description of test equipment in use at the Department of Mechanics NULES Ukraine for determine a mechanical properties of grain materials that affect energy consumption during feeding process.

Key words: grain, mechanical testing, energy costs, feed preparation

УДК 631.363

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ВАЛЬЦЕДЕКОВОЮ ДРОБАРКОЮ

С. Є. Потапова, кандидат технічних наук

Анотація. Наведено результати експериментальних досліджень процесу подрібнення зернових кормів вальцедековою зернодробаркою, на основі яких обґрунтовано її раціональні параметри.

Ключові слова: подрібнювачі зерна, вальцедекова дробарка, модуль помелу, коефіцієнт варіації

© С. Є. Потапова, 2016

Постановка проблеми. Повноцінна годівля всіх без виключення видів сільськогосподарських тварин і птиці передбачає введення до складу кормових раціонів фуражного зерна, доля якого становить від 30% до 80% від загальної структури раціону [1, 2].

Для підвищення поживної цінності, раціональнішого використання зернових кормів застосовують різні способи попередньої обробки і підготовки до згодовування. Проте, однією з основних і найбільш поширених технологічних операцій є подрібнення [3, 4]. Подрібнення зернових кормів зумовлене фізіологією сільськогосподарських тварин та підвищує їх засвоюваність. Тому правильний вибір подрібнюючого засобу є вкрай важливим.

За статистичними даними значна частка тваринницької продукції, що виробляється в Україні, забезпечується за рахунок невеликих фермерських та підсобних господарств. Для таких господарств необхідні дробарки невисокої продуктивності, які б при відносній простоті конструкції та обслуговування могли забезпечувати якісне виконання процесу подрібнення.

Аналіз останніх досліджень. Для перероблення концентрованих кормів останніми десятиріччями у сільськогосподарському виробництві та комбікормовій промисловості широкого застосування набули молоткові дробарки. Проте вони мають істотні недоліки, що призводять до перевитрати кормів, а також завищену енергомісткість процесу (12–20 кВт·год/т).

Вальцеві дробарки забезпечують задану крупність подрібнення зернових кормів при рівномірному гранулометричному складі продукту і малому виході пиловидної фракції та відзначаються низькою енергомісткістю процесу подрібнення. У практиці кормоприготування переважають дробарки з парним числом вальців, із продуктивністю не менше 1,5–3 т/год. Проте, для малих тваринницьких підприємств раціональним типорозміром є подрібнювачі зернових кормів продуктивністю 100–250 кг/год [5]. У зв'язку з цим, більш доцільним для таких господарств, є використання вальцедекових (одновальцевих) дробарок, які в порівнянні з двовальцевими мають більш просту конструкцію.

У матеріалах науково-технічної інформації наведено достатньо обґрунтувань основних параметрів і умов забезпечення ефективної роботи двовальцевих станків. Вітчизняними та зарубіжними науковцями проведено фундаментальні дослідження щодо впливу кінематичних та геометричних параметрів двовальцевих зернодробарок на характер протікання процесу подрібнення. Проте практично відсутні роботи, що дали б змогу комплексно розв'язати ці питання стосовно вальцедекових зернодробарок. Одновальцевий

варіант дробарок, який порівняно з двовальцевим має свої особливості, вивчений недостатньо.

Метою досліджень. Визначити раціональні параметри подрібнювача для фермерських господарств малих типорозмірів на основі експериментальних досліджень процесу подрібнення зернових кормів вальцедековою дробаркою.

Результати досліджень. Згідно з програмою експериментальних досліджень необхідно було дослідити залежності якості подрібненого продукту (модуль помелу M і коефіцієнт варіації фракційного складу ν), продуктивності Q та енергомісткості q процесу подрібнення фуражного зерна від основних параметрів дробарки (n – частота обертання вальця, об/хв; β – кут нахилу напрямної; γ – кут обхвату вальця декою; δ – величина вихідного зазору, мм) та визначити за мінімальною енергомісткістю процесу раціональні конструктивні і кінематичні параметри зернодробарки.

За базову вихідну сировину для досліджень прийнято зернові (ячмінь, кукурудза) корми, які найчастіше використовуються в раціонах сільськогосподарських тварин.

Для реалізації програми експериментальних досліджень була розроблена конструктивно-функціональна схема, згідно з якою виготовлено установку для подрібнення зернових кормів.

Експериментальна установка включає (рис. 1): накопичувальний бункер з регулювальною заслінкою, робочу камеру з напрямною, декою і вальцем всередині та розвантажувальну горловину. Поверхня вальця рифлена, деки – гладенька. Для зміни шляху оброблення зерна використовувались змінні деки (рис. 2) з різним кутом обхвату γ . Експериментальна установка давала змогу: регулювати частоту обертання вальця за допомогою варіатора; змінювати кут нахилу напрямної; встановлювати одну з трьох дек з відповідним кутом обхвату; змінювати величину робочого зазору між вальцем та декою.

Під час проведення лабораторних досліджень визначалися такі енергетичні показники: потужність, яку споживає електропривод експериментальної установки на холостому ходу та під навантаженням; питомі витрати енергії. Покази знімали за допомогою струмовимірювальних кліщів Mastech MS 3302 (рис. 3). Для перетворення і оброблення отриманих даних використовували зовнішній модуль АЦП/ЦАП Е14-140М, під'єднаний до персонального комп'ютера. Час перероблення кожної порції кормової сировини фіксували секундоміром. Швидкість обертання вальця вимірювали тахометром.

Якість подрібнення кормів оцінювали шляхом просіювання їх

наважки (масою 100 г) на решітному класифікаторі. Проби зважували на лабораторних терезах ВЛР-200 г, похибка яких становить $\pm 0,5$ мг.

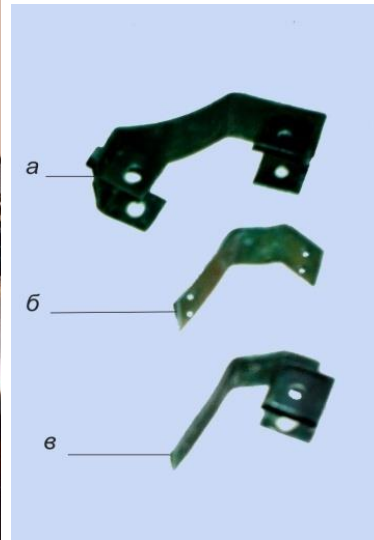
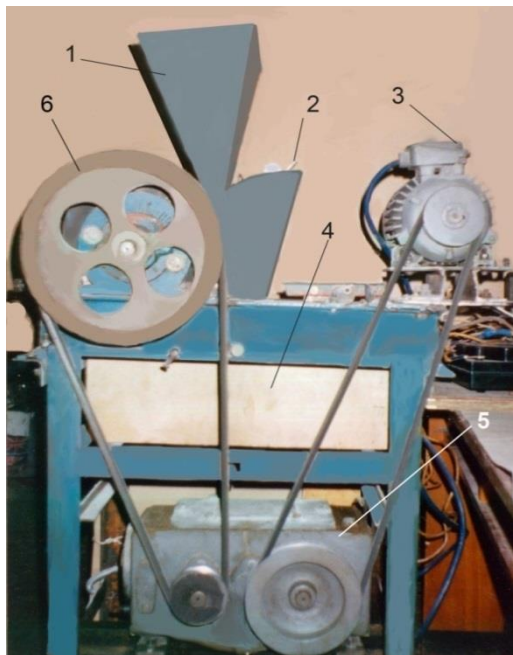


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки: 1 – бункер для зерна; 2 – напрямна; 3 – дека ($\gamma=45^\circ$); 4 – ящик для готового продукту; 5 – варіатор; 6 – привідний шків.

Рис. 2. Типи досліджуваних дек: а – дека ($\gamma=45^\circ$); б – дека ($\gamma=25^\circ$); в – дека ($\gamma=10^\circ$).

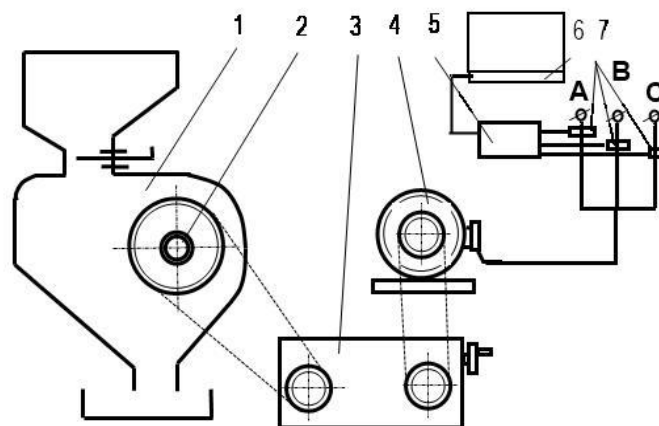


Рис. 3. Схема підключення вимірювальних пристроїв: 1 – дробарка; 2 – тахометр; 3 – варіатор; 4 – електродвигун; 5 – АЦП Е14-140; 6 – струмові кліщі Mastech MS 3302; 7 – комп'ютер.

Після опрацювання експериментальних даних на ПЕОМ за допомогою прикладної програми Statistica 6.1 отримано рівняння регресії. Математичні моделі після визначення значимих

коефіцієнтів регресії та проведеного розкодування для зручності використання рівнянь при розрахунках набули такого вигляду.

– для ячменю:

$$M_{\text{я}} = 0,5813 - 0,0021n - 0,0398\gamma + 0,1271\delta + 0,0002\beta\gamma - 0,0005\beta^2 + 0,0004\gamma^2 + 0,1765\delta^2; \quad (1)$$

$$v_{\text{я}} = 14,2452 + 0,0427n - 0,2169\beta + 6,3465\delta + 0,0121\beta\delta - 0,0001n^2 + 0,0022\beta^2 - 3,3231\delta^2; \quad (2)$$

$$q_{\text{я}} = -4,0741 + 0,0222n + 0,1469\beta + 1,0058\delta - 0,0005n\beta - 0,0029n\delta - 0,0611\gamma\delta - 0,0044\gamma^2; \quad (3)$$

$$Q_{\text{я}} = 69,3408 - 0,0693n - 1,386\gamma - 0,3817\delta + 0,0024n\beta + 0,016n\delta + 0,0087\beta\gamma + 0,1071\gamma\delta + 0,0113\gamma^2. \quad (4)$$

– для кукурудзи:

$$M_{\text{к}} = 1,3649 - 0,0041n - 0,0494\gamma + 0,1591\delta + 0,00001n\gamma + 0,0004\beta\gamma + 0,0038\beta\delta + 0,0004\gamma^2 + 0,1031\delta^2; \quad (5)$$

$$v_{\text{к}} = 23,067 - 0,0193n + 0,019\gamma + 1,781\delta + 0,0003n\gamma + 0,0015\beta\gamma - 0,0344\gamma\delta - 0,924\gamma^2; \quad (6)$$

$$q_{\text{к}} = 2,7683 - 0,0715\beta + 0,1065\gamma - 0,5046\delta + 0,0001n\gamma - 0,0014\beta\gamma - 0,0098\beta\delta - 0,0265\gamma\delta + 0,0013\beta^2; \quad (7)$$

$$Q_{\text{к}} = 56,5919 + 0,002n - 1,4829\gamma + 1,1066\delta + 0,0016n\beta + 0,0079\beta\gamma + 0,116\gamma\delta + 0,0134\gamma^2. \quad (8)$$

Аналіз отриманих поверхонь свідчить, що загалом характер впливу змінних факторів на величину модуля помелу M при переробленні різних культур однаковий, проте щодо ячменю отримані більші значення M .

Це пояснюється більш високою міцністю зерен ячменю. Найбільше показник M залежить від величини робочого зазору δ , що обмежує кінцевий розмір часток. При збільшенні δ природно зростає і модуль помелу M .

Дещо менший вплив на величину M має частота n обертання вальця (рис. 4 а). Зростання частоти обертання спричиняє більш інтенсивне подрібнення, що призводить до зменшення M . Проте при фіксованій величині робочого зазору δ цей вплив незначний. Кут нахилу β напрямної практично не впливає на величину M (рис. 4 б).

При дослідженні впливу змінних факторів на коефіцієнт варіації продуктів подрібнення для ячменю значення v перебувало у межах 9–20%, для кукурудзи 16–23%.

Різниця пояснюється відмінністю фізико-механічних властивостей цих культур. Одночасне збільшення кута γ обхвату декою вальця та частоти n обертання вальця призводить до інтенсивного зростання коефіцієнта варіації v (рис. 4, в). Найзначніший вплив на величину коефіцієнта варіації має зміна робочого зазору δ . Чим більше величина δ , тим менший коефіцієнт варіації (рис. 4, г).

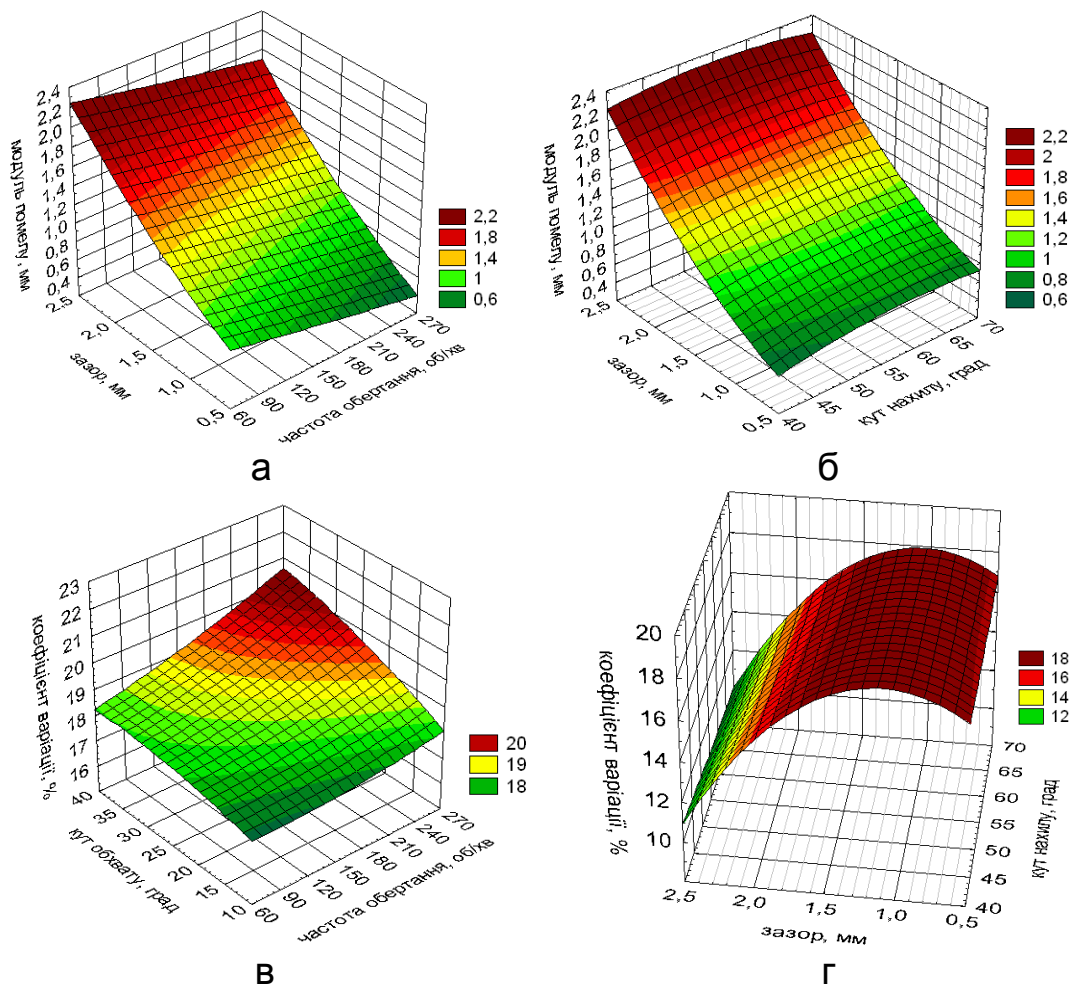


Рис. 4. Залежності модуля помелу M_k (а) і M_y (б), коефіцієнта варіації v_k (в) і v_y (г), від змінних факторів.

Зменшення величини кута обхвату у декою вальця призводить до підвищення продуктивності, проте за великих значень робочого зазору δ вплив γ нівелюється. Із збільшенням робочого зазору δ питома енергомисткість q зменшується, причому чим менші значення кута нахилу β , тим інтенсивніший вплив δ . Енергомисткість процесу подрібнення ячменю, зерна якого міцніші, вища ніж кукурудзи. Із зростанням частоти n обертання вальця та одночасним збільшенням кута нахилу прямої β питома енергомисткість процесу різко підвищується. При значних (понад 210 об/хв) значеннях n із зменшенням кута β енергомисткість знижується, що можна пояснити покращенням умов затягування зерна в зону подрібнення. Приклади залежностей критеріїв оптимізації від основних керованих факторів наведено на рис. 5 і рис. 6.

Аналіз отриманих залежностей дає змогу зробити рекомендації щодо раціональних параметрів дробарки. Наприклад, у разі подрібнення зерна ячменю до середньої крупності продукту $M = 1,29$ мм (зазор 1,5 мм) є такими: частота обертання вальця $n =$

≈ 160 об/хв, кут нахилу напрямної $\beta = 70^\circ$, кут обхвату декою вальця $\gamma = 10^\circ$. За цих значень названих факторів питома енергомiсткiсть становить 5,16 кВт·год/т при коефiцiєнті варіації фракційного складу $\nu = 17,94\%$.

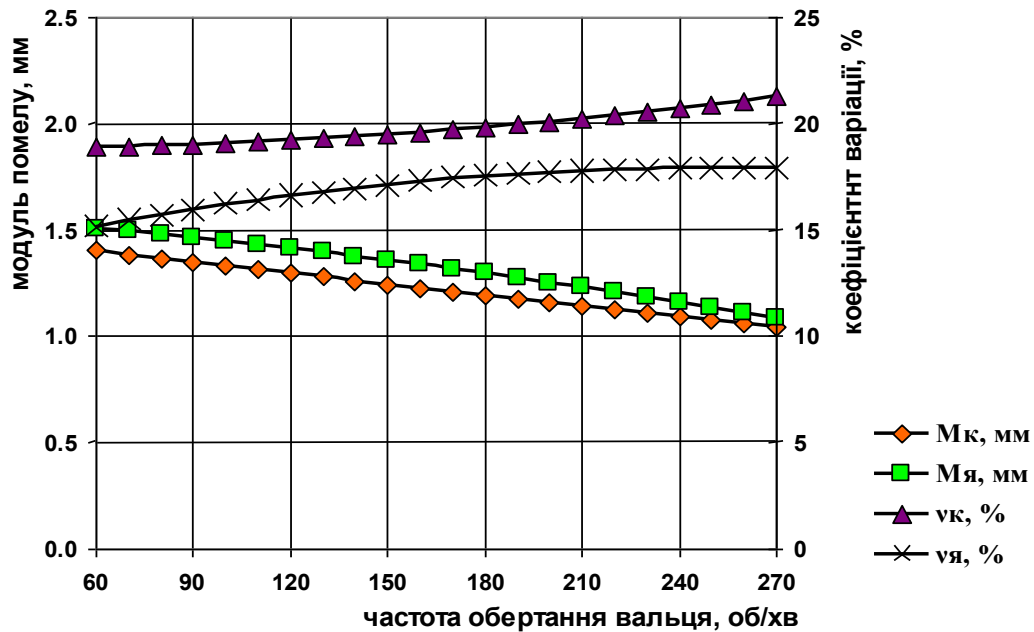


Рис. 5. Залежності модуля помелу кукурудзи M_k і ячменю M_j та коефіцієнта варіації відповідно ν_k і ν_j від частоти n обертання вальця.

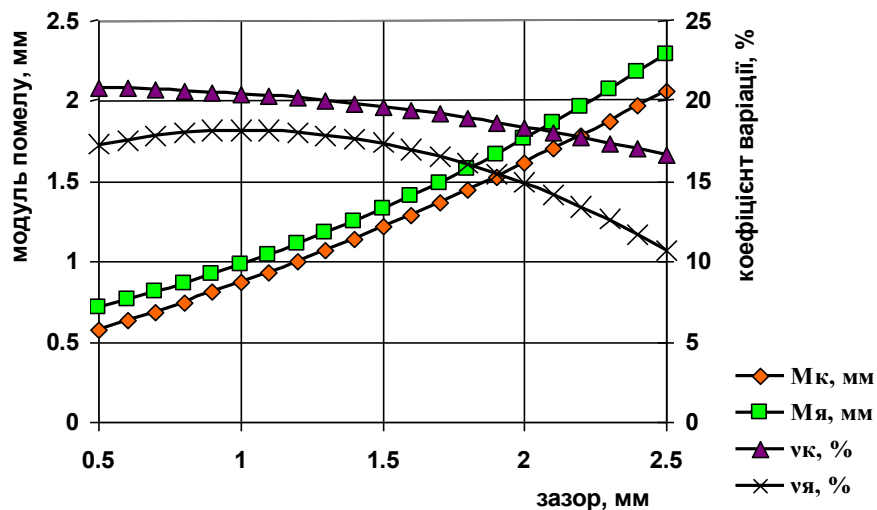


Рис. 6. Залежності модуля помелу кукурудзи M_k і ячменю M_j та коефіцієнта варіації відповідно ν_k і ν_j від величини робочого зазору δ між вальцем та декою.

У випадку подрібнення кукурудзи до середньої крупності продукту $M = 1,44$ мм (зазор 1,5 мм) раціональними є: частота

обертання вальця $n = 165$ об/хв, кут нахилу напрямної $\beta = 40^\circ$, кут обхвату декою вальця $\gamma = 10^\circ$. За цих значень названих факторів величина питомої енергоємності становитиме 2,78 кВт·год/т, а коефіцієнт варіації $v = 18,39\%$.

Висновок. На основі проведених досліджень встановлено доцільність використання одновальцевих (вальцедекових) зернодробарок запропонованої конструкції для подрібнення концентрованих кормів у фермерських господарствах малих типорозмірів. При цьому рекомендовані такі раціональні параметри: частота обертання вальця – 160–165 об/хв, кут обхвату декою вальця – 10° , кут нахилу напрямної має регулюватися в залежності від виду перероблюваного зерна (для ячменю $\beta = 70^\circ$, для кукурудзи $\beta = 40^\circ$), які забезпечать зменшення енерговитрат та підвищення якості продуктів подрібнення.

Список літератури

1. Богданов Г. А. Кормление сельскохозяйственных животных / Г. А. Богданов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
2. Левин А. Б. Основы животноводства и кормопроизводства / А. Б. Левин. – [3-е изд.] – М.: Агропромиздат, 1987. – 225 с.
3. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
4. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. – 735 с.
5. Ревенко І. І. Принципи розробки та вибору кормоприготувальних машин для малих ферм / І. І. Ревенко, Ю. І. Ревенко, С. Є. Потапова // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С. 26–27.

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований процесса измельчения зерновых кормов вальцедековой зернодробилкой, на основе которых обоснованы ее рациональные параметры.

Ключевые слова: *измельчители зерна, вальцедековая дробилка, модуль помола, коэффициент вариации*

Annotation. The results of experimental studies of the process of grinding grain in roll-and-deck crusher are presented; on which crusher's rational parameters were justified.

Key words: *grain grinders, roll-and-deck crusher, module of grinding, coefficient of variation*