

**І.А. Велит**, доц., канд. техн. наук, **Я.В. Неділько**, магістр, **Р.С. Дорохін**, магістр  
*Полтавська державна аграрна академія, м.Полтава, Україна*  
*e-mail: velit\_ira@ukr.net*

## Зернодробарки для малих свиновідгодівельних ферм

Проаналізовано використання зернодробарок для подрібнення зерна на свиновідгодівельних фермах, різноманіття напрямів вдосконалення агрегатів. На даний час ведеться удосконалення технічних характеристик зернодробарок для подрібнення кормового матеріалу. Запропонована конструктивно-технологічна схема зернодробарки ударної дії. Проаналізовано використання зернодробарок центрабжно-ударної дії в потоково-технологічних лініях приготування кормів.

**мала свиновідгодівельна ферма, зернодробарка ударної дії, енергоекономічна, зерно**

**І.А. Велит**, доц., канд. техн. наук, **Я.В. Неділько**, магістр, **Р.С. Дорохін**, магістр  
*Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина*

## Зернодробилки для небольших свинооткормочных ферм

Проаналізовано використання зернодробилок для измельчення зерна на свинооткормочних фермах, різноманіття напрямів удосконалення агрегатів. В настоящее время ведется совершенствование технических характеристик зернодробилок для измельчения кормового материала. Предлагается конструктивно-технологическая схема зернодробилки ударного действия. Проаналізовано використання зернодробилок центрабжно-ударного действия в поточно-технологических линиях приготовления кормов.

**небольшая свинооткормочная ферма, зернодробилка ударного действия, энергоэкономична, зерно**

**Постановка проблеми.** Для успішного функціонування малої свиновідгодівельної ферми потрібно забезпечити стійку кормову базу для тварин. Особливого значення на сучасному етапі розвитку тваринництва в країні набуває оснащення малих господарських формувань малогабаритними засобами механізації для приготування комбікормів з високими техніко-економічними і якісними показниками.

При використанні подрібненого зерна як корму тваринам, необхідно враховувати, що при високому ступені здрібнювання з наступними операціями транспортування, перевантаження і видачі в сухому вигляді здрібнена маса порохить. У цьому випадкові збільшуються втрати дорогого корму, а пил негативно впливає на здоров'я тварин, особливо молодяку. Переподрібнення зерна веде до додаткових витрат електроенергії.

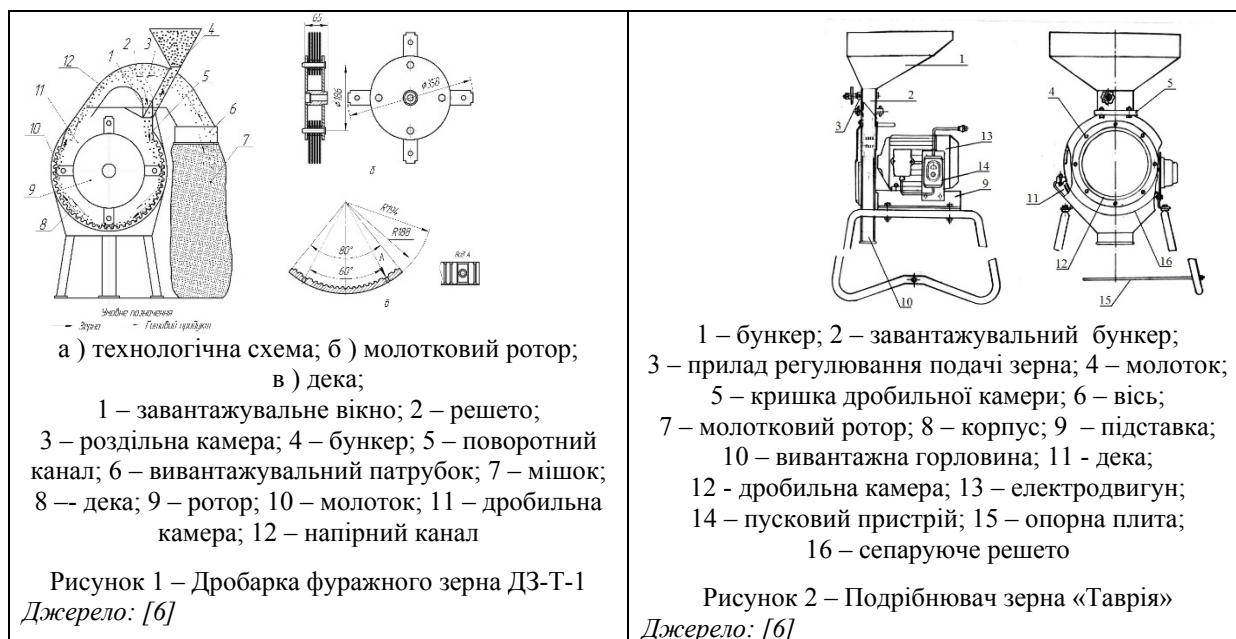
**Аналіз актуальних досліджень і публікацій.** Для вирощування свиней на м'ясо на малих свиновідгодівельних фермах необхідно використовувати обладнання, яке задовольняє за продуктивністю, за якістю роботи, універсальністю застосування.

Виробництво тваринницької продукції на малих господарствах в 50-60 роки гальмувалося через відсутність засобів механізації для цих ферм промислового виробництва. В період 80–90 роках створюється велика кількість машин для подрібнення і переробки кормів всіх видів господарств. В цей період була розроблена система машин для приватного сектору виробництва м'яса [1].

Огляд літературних даних свідчить про різноманіття напрямів вдосконалення зернодробарок, це свідчить що на даний час ведеться удосконалення технічних характеристик агрегатів для подрібнення кормового матеріалу [2,3,4].

Розроблені спеціальні зернопереробні машини: подрібнювач зерна молотковий «Таврія»; мікродробарка вальцеводекова з електроприводом МКД-Ф-1 та з вітроприводом МКДВ; молоткова дробарка ДЗ-Т-1; універсальні подрібнювачі: дробарка зерна і коренеплодів ДЗК-1; подрібнювач зерна і коренеплодів ИЗК-1; подрібнювач 5158; дробарка зерна і трави ДЗТ-1. З комбінованих машин розроблено та поставлено на виробництво машину сільського побуту МСБ-1; подрібнювач кормів АРС-Т-300, машину побутову Э-270. Машина МСБ-1 була однією з перших багатоопераційних машин, що випускалася промисловістю для задоволення всебічних потреб з переробки кормів в особистому підсобному господарстві. Машина може виконувати операції з подрібнення зерна, коренебульбоплодів, соломи і інших грубостеблових кормів, луценню зерен кукурудзи із початків, фугуванню площин пиломатеріалів, заточуванню інструменту [5]. Незважаючи на таку багатоопераційність, машина оснащувалася двигуном малої потужності – 0,6 кВт або 1,1 кВт. При цьому значна частина потужності втрачалася в механізмах передач і продуктивність машини, наприклад на подрібнення зерна, складала лише 10 кг/год. Подрібнювач АРС-Т-300 є удосконаленим варіантом МСБ-1 і виконує ті ж самі операції. Побутова машина Э-270 використовується для подрібнення основних видів кормів (зерна, коренебульбоплодів і стеблових матеріалів), а також може оснащуватися знімною пилкою-рубанком. Її продуктивність на зерні збільшена до 60 кг/год.

Технічні характеристики машин наведені в табл. 1. Зіставлення показників роботи дробарок з вимогами, пред'явленими до машин цього типу показує, що найбільш ефективними є дробарки ДЗ-Т-1 і «Таврія» (рис. 1, рис. 2).



Їх продуктивність, близька до необхідної (недостатня продуктивність у разі використання дробарок для подрібнення зерна на відгодівельних свинофермах потужністю 1000 голів у рік може бути компенсована збільшенням тривалості роботи машин на добу – для створення запасу корму).

Таблиця 1 – Технічні характеристики подрібнювачів зерна

Показники	ДЗ-Т-1	ЭЗД-Т-1 «Илек»	«Таврія»	МКД-Ф-1-2	МКД-Ф-1-1	МКДВ
Продуктивність, т/ч	40...100	40...60	70..130	60...100	35...60	6...50
Середній розмір частинок подрібненого продукту, мм	1,0...2,6	Не більше ніж 2,6	Не більше ніж 2,6	1,1...1,6	1,1...1,6	1,1...1,6
Вага, кг	45	23	50	26,8	20,8	120
Габарити, мм	620	470	575	435	420	4200
- довжина						
- ширина	450	300	560	280	280	6200
- висота	980	740	1125	475	525	3200
Місткість завантажувального бункера, дм <sup>3</sup>	8	20	18	12	12	12
Електродвигун:	4АМАТ-802А	АОЛБ-22-2	АОЛБ-32-2	АОЛБ-32-4	«Бештау-ИМБ	-
- тип						
- потужність на валу, кВт	1,1	0,27	0,60	0,40	0,26	-
- потужність мережі, кВт	1,6	0,45...0,5	0,9...1,0	0,6	0,45	-
- частота обертання, хв. <sup>-1</sup>	2840	2890	2920	1440	1440	75...145 <sup>х</sup>
- напруга в мережі, В	220	220	220	220	220	-
- лінійна швидкість обертання по кінцях молотків, м/с	55	27,3	59,8	5,3	5,3	0,2...1,2
Якість отриманого продукту	кероване	некероване	кероване	часткове	регульоване	кероване
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1	1	1	1	1

Примітка: х/ - швидкість обертання вітрового колеса під навантаженням.

Джерело: розроблено автором

Крім того, зазначені дробарки забезпечують регулювання крупності помелу, вони більш універсальні порівняно з іншими моделями.

Застосування решета з діаметрами отворів 4 мм у дробарці ДЗ-Т-1 забезпечує отримання найбільш дрібного помелу зерна, придатного для згодовування свинопоголів'я. Одним комплектом правильно загартованих молотків при використанні чотирьох робочих граней можна подрібнити не менше ніж 50 т зерна.

До інших переваг дробарки ДЗ-Т-1 можна віднести: стабільність процесу подрібнення різних видів зерна протягом тривалого періоду експлуатації; простоту конструкції та надійність у роботі. До недоліків дробарки ДЗ-Т-1 можна віднести використання конденсаторного електродвигуна, що не витримує перевантажень і тривалої безперервної роботи й потребує періодичних зупинень для охолодження.

У подрібнювача зерна «Таврія» регулювання крупності подрібнення зерна здійснюють зміною прохідного перерізу отворів сепаратора шляхом переміщення решіт відносно один одного. Якщо крупність подрібнення не відповідає необхідній, послаблюють розташовані на обичайці корпусу болти кріплення сепаруючих решіт і, трохи змістивши одне решето щодо іншого, затискають болти знову.

Повторивши пробне подрібнення зерна, приступають до роботи на подрібнювачі, якщо якість помелу буде задовольняти необхідну, або, виконавши зазначені вище дії, знову змінюють прохідний перетин отворів сепаратора, поки не буде досягнутий необхідний ступінь подрібнення зерна. Таке порівняно складне регулювання якості подрібнення є істотним недоліком «Таврії». Технічні характеристики подрібнювачів зерна приведені в табл. 1. Подрібнювач «Таврія» забезпечує надійність виконання процесу подрібнення всіх видів зерна протягом тривалого періоду експлуатації. [6]. Зернодробарки входять в склад інших агрегатів, що дає суттєву економію на транспортні витрати на доставку зерна, можливість приготування корму безпосередньо в місцях зберігання сировини або відгодівлі тварин, можливість надавати послуги з виробництва комбікормів у інших господарствах.

Зернодробарки невеликої потужності для фермерських господарств використовуються також і в країнах – Німеччині, Польщі, Болгарії й ін. В одних випадках вони входять до складу комбікормових агрегатів, як, наприклад, у Німеччині, де фірма «Awila» виготовляє гаму комбікормових агрегатів продуктивністю від 0,25 до 5 т/г. В інших випадках використовуються як самостійні машини в особистих підсобних господарствах і на малих фермах. Прикладом того може служити зернодробарка ФЧ-400 (Болгарія), яка при подрібненні зерна кукурудзи вологістю 10-15% забезпечує продуктивність на решеті з отворами діаметрів 4 мм – 250 кг/год., 6 мм – 400 кг/год. Маса дробарки (без привода) – 38 кг, потужність встановленого електродвигуна – 3 кВт. Німецька компанія «Neuero Farm- und Fördertechnik GmbH» виготовляє та удосконалює обладнання для українських сільгоспвиробників (рис.3).

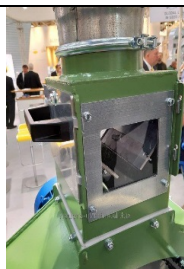


Рисунок 3 – Молоткова дробарка зерна RVO 853

Джерело: [7]

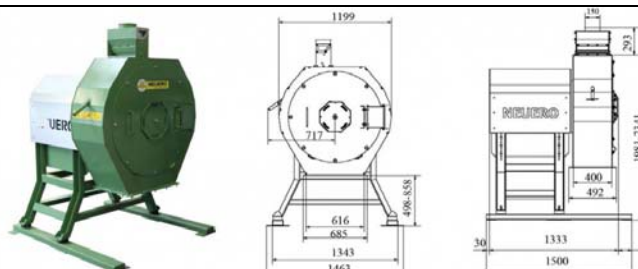


Рисунок 4. – Молоткова зернодробарка RVO 1045

Джерело: [7]

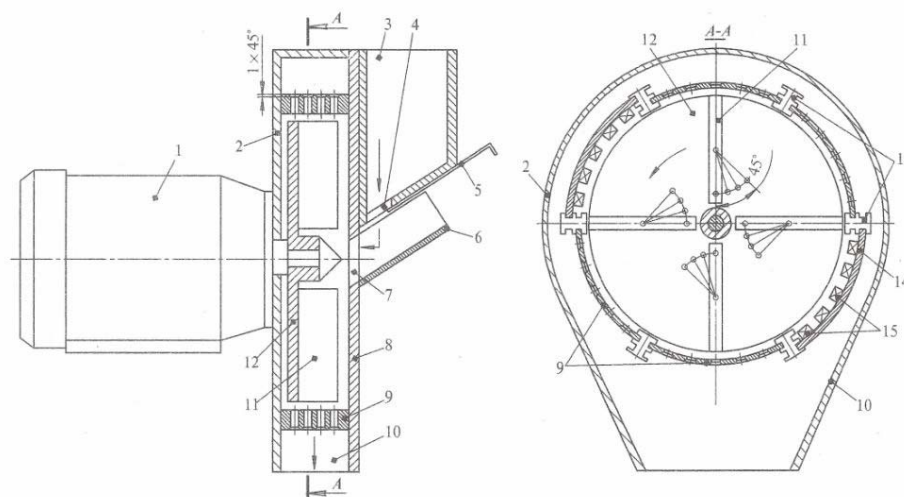
Фірма пропонує промислову дробарку РВО 853. Дана модель має потужність мотора 22 кВт і продуктивність більше 5 т / год. Дробарка дозволяє якісно подрібнювати не тільки зернові компоненти комбікорму і шроту, а й з успіхом подрібнює такі специфічні продукти як пелет з лущиння соняшнику, горох і інші продукти.

Молоткова зернодробарка RVO 1045 (рис.4) виготовляється в Німеччині, характеризуються простотою конструкції і надійністю. Відноситься до серії високопродуктивних дробарок зерна.

Дана дробарка характеризується низьким рівнем витрат електроенергії і високою продуктивністю. При потужності двигуна 45 кВт, продуктивність дробарки становить 11500 кг/год по пшениці. Це досягається завдяки великій площі сит.

**Постановка завдання.** Мета даної роботи полягає в тому, щоб обґрунтувати вибір обладнання в технології процесу приготування кормів на свиновідгодівельній фермі, обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри зернодробарки центробіжно-ударної дії.

**Виклад основного матеріалу.** На даний час набули широкого використання зернодробарки центробіжно-ударної дії. Така дробарка компактна, проста в використанні, енергоекономічна. Може використовуватись на малих свиновідгодівельних фермах. Робочі органи для подрібнення зерна є металеві молотки. Схема зернодробарки центробіжно-ударної дії показана на рисунку 5 [8].



1 – електродвигун, 2 – корпус, 3 – бітер, 4 – отвір, 5 – рухомий шибер, 6 – похилий жолоб, 7 – отвір, 8 – кришка, 9 – сито, 10 – розвантажувальний патрубок, 11 – плоскі молотки, 12 – ротор, 13 – фіксатор, 14 – плита, 15 –відбійні елементи

Рисунок 5 – Зернодробарка центробіжно-ударної дії

*Джерело: розроблено автором*

Відмінною особливістю зернодробарки є те, що подрібнення відбувається молотками, жорстко закріпленими на крильчатці ротора. Зерно отримує перші удари і відкидається до периферії в кільцеві канали дек, б'ючись об деки і решето. Таким чином, матеріал, піддається багаторазовим руйнуванням ударами молотків і за рахунок центробіжних сил при сталому процесі по всій внутрішній поверхні дробильної камери утворює обертовий шар. Під впливом активних робочих органів – молотків і пасивних – відбійних елементів, а також решета відбувається руйнування і подрібнення матеріалу. Готовий продукт виводиться з дробильної камери через решето.

Пропонована конструктивно-технологічна схема зернодробарки ударної дії має низку переваг перед існуючими конструкціями дробарок. Відбійні елементи, виконані



на плитах, дозволяють зменшити швидкість руху матеріалу, що подрібнюється за рахунок загальмування повітряно-продуктового шару в дробильній камері. Це досягається тим, що в кільцевих каналах за рахунок рифлення торцевих поверхонь плит спостерігається вихровий ефект, який змінює траєкторію руху частинок зі збільшенням осевої складової швидкості, зменшуючи окружну швидкість повітряно-продуктового шару, збільшуючи швидкість і кількість зіткнень молотків, що подрібнюють матеріалу. Жорстке закріплення молотків до ротора підвищує ефективність процесу дроблення і коефіцієнт корисної дії дробильної машини в цілому [36].

Для визначення енергоємності процесу подрібнення були проведені дослідні подрібнення зерна ячменя при середньому діаметрі зерна 2,6 мм, вологості 14%. Подача зерна в дробильну камеру здійснювалась при різних обертах вала ротора та при різних подачах матеріалу. Результати досліджень показані на рис. 6.

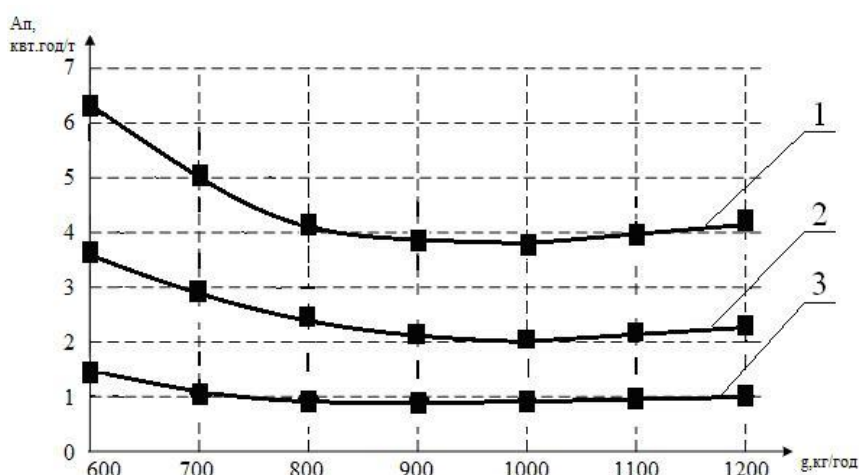


Рисунок 6 – Залежність питомої енергоємності ( $A_p$ ) зернодробарки центробіжно-ударної дії від подачі зерна ( $q$ ) для переробки при різних обертах вала ротора

Джерело: розроблено автором

Результати досліджень показали (рис.6), що найменша питома енергоємність зернодробарки центробіжно-ударної дії при подачі ячменю 800...1200 кг/год становить від 0,9 кВт·год/т при обертах вала ротору 1000 об / хв до 3,9 кВт тод / т при 2000 об / хв [37].

Аналіз залежностей питомої енергоємності від обертів вала ротора дробарки показав, що при режимі подрібнення (частота обертання вала ротора  $n = 2000$  об/хв., подача зерна на подрібнення 800... 1200 кг / г од) модуль помелу склав  $M = 1,8$  мм, питома енергоємність –  $A_p = 3,80...4,20$  кВт·год / т. При частоті обертання вала ротору  $n = 1500-1600$  об/хв модуль помелу становить  $M = 2,7$  мм, збільшується, а питома енергоємності зменшується,  $A_p = 2,0...2,7$  кВт·год/т, при цьому збільшується пилоподібна фракція (до 11%). При частоті обертання вала ротора ( $n = 1000$  об / хв) відбувається подальше зменшення питомої енергоємності  $A_p=0,84...0,93$  кВт·год/т,  $M=2,64$  мм. Збільшується пилоподібна фракція (до 19%).

З отриманих результатів вибраний режим роботи зернодробарки центробіжно-ударної дії при частоті обертання вала ротора  $n = 2000$  об / хв., подачі зерна на подрібнення 800... 1200 кг / год, питома енергоємність  $A_p$  дорівнює 4,2 кВт·год / т.

**Висновки.** Проведений аналіз параметрів зернодробарок за критеріями ресурсовитрат показав про недоцільність використання зернових подрібнювачів продуктивністю менше 300-400 кг/год. Аналізуючи хронологію напрямів розробки і випуску машин для подрібнення зерна в малих господарствах прослідковується

тенденція використання зернодробарок продуктивністю 700-1000 кг/год. Цьому сприяє процес укрупнення площ землі і розмірів тваринницьких ферм. Використання зернодробарок центробіжно-ударної дії в потоково-технологічних лініях приготування кормів дає можливість зменшити питому енергоємність до 4,2 кВт·год / т, отримувати крупність продукту згідно зоотехнічних вимог при модулі помелу  $M = 1,8$  мм.

## Список літератури

1. Сторожук Л.О. Історія розвитку в Україні техніки для переробки зернового корму в індивідуальних підсобних господарствах. *Історія науки і біографістика*. 2007. №1. С. 42–50.
2. Технологическое оборудование предприятий отрясли. (Зерноперерабатывающие предприятия) / А.Б. Деменский и др. Москва : ДеЛи принт. 2006. 816с.
3. Акименко А.В., Сундеев А.А., Воронин В.В. Совершенствование процесса измельчения фуражного зерна. *Хранение и переработка зерна*. 2011. №2. С.45 – 47.
4. Велит І.А., Бондаренко О.Д. Агрегат для площення зерна в потоково-технологічних лініях кормоприготувального відділення молочної ферми. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2018. Вип. 48. С.164-170.
5. Перминов В.Н., Лопатин Л.А., Баранов Н.Ф. Обзор конструкции дробилок фуражного зерна. Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. Наука – Технология – Ресурсосбережение: материалы X й Международной научно-практической конф. «Сборник научных трудов посвященный 65-летию со дня образования инженерного факультета Вятской ГСХА. Киров: Вятская ГСХА. 2017. Вып.18. С.208–213.
6. Суржикова В.Г. Оборудования для малых ферм. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1989. № 6. С.18.
7. Высокопроизводительные дробилки зерна. URL: <https://ua.all.biz/img/ua/catalog/3123342.png> (дата обращения: 19.09.2019)
8. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е. Зернодробилки центробежно-ударного действия. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2012. №4. С.17-18.

## Referencis

1. Storozhuk, L.O. (2007). Istoriya rozvytku v Ukraini tekhniky dlya pererobky zernovoho kormu v indyvidualnykh pidsobnykh hospodarstvakh [History of development in Ukraine of techniques for processing grain feed in individual farms]. *Istoriya nauky i biohrafistyka – History of Science and Biographical Studies*. 1. 42–50 [in Ukrainian].
2. Hlebov, L.A., Demenskiy, A.B., Vedenev, V.F., Temyrov, M.M. & Ohurtsov, YU.M. (2006). *Tekhnologicheskoe oborudovanye predpriyatyy ottryasly. (Zernopererabatyvayushchye predpriyatyya) [The technological equipment of the enterprises has been shaken off. (Grain processing enterprises)]*. Moscow: DeLyprynt [in Russian].
3. Akymenko, A.V., Sundeev, A.A. & Voronyn, V.V. (2011). Sovershenstvovanye protsessa yzmelchenyya furazhnogo zerna [Improving the process of grinding fodder grain]. *Khraneniye y pererabotka zerna – Storage and processing of grain*. 2. 45 – 47 [in Russian].
4. Velyt, I.A. & Bondarenko, O.D. (2018). Ahrehat dlya plyushchennyya zerna v potokovo-tekhnolohichnykh liniyakh kormopryhotovalnoho viddilennyya molochnoyi fermy [A unit for grain flattening in the flow-technological lines of the dairy farm feed preparation department ] *Zahalnodержavnyy mizhvidomchy y naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Konstruyuvannya, vyrobnystvo ta ekspluatatsiya silskohospodarskykh mashyn – National interagency scientific and technical collection. Design, production and operation of agricultural machines*, 48, 164-170 [in Ukrainian].
5. Permynov, V.N., Lopatyn, L.A. & Baranov, N.F. (2017). Obzor konstruksyy drobylok furazhnogo zerna Uluchsheniye ekspluatatsyonnykh pokazateley selskokhozyaystvennoy enerhetyky. Materyaly X Mezhdunarodnoy nauchno-praktychnoy konferentsyy «*Nauka – Tekhnolohyya – Resursosberezheniye: Sbornyk nauchnykh trudovposvyashchennyy 65-letyusoo dnya obrazovanyya inzhenernoho fakul'teta Vyat'skoy HSKHA*. Kyrov: Vyat'skaya HSKHA, Vol.18, 208–213 [in Russian].
6. Surzhykova, V.H. (1989). Oborudovanyya dlya malykh ferm [Equipment for small farms] *Mekhanizatsyya y élektryfikatsyya selskoho khozyaystva – Mechanization and electrification of agriculture*. 6. 18 [in Russian].
7. Vysokoproizvoditel'nyye drobilki zerna.[ High performance grain crushers]. Retrived from: <https://ua.all.biz/img/ua/catalog/3123342.png> [in Russian].

8. Kolobov, M.YU., Sakharov, S.E. (2012). Zernodrobilki tsentrobezhno – udarnogo deystviya (Zernodrobilki centrifugal - shock action). *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva – Mechanization and electrification of agriculture*, 4, 17-18 [in Russian].

**Iryna Velit**, assoc. Prof., PhD tech. sci., **Yaroslav Nedilko**, Master student, **Roman Dorohin**, Master student  
*Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine*

### **Crushers for Small Pig Farms**

The purpose of this work is to substantiate the selection of equipment in the technology of the process of feed preparation on a small pig farm, using a centrifugal impact crusher.

For the successful operation of a small pig farm, it is necessary, first of all, to provide a stable feed for animals, a sufficient level of energy and protein nutrition, the use of diets, balancing on all the essential nutrients and biologically active elements. To facilitate the preparation of feed for feeding on pig farms and improve their assimilation by the body of animals use small-sized grinders of grain components, which satisfy the productivity, quality of work, versatility of use.

The working body of the crusher for grinding is a hammer. To it the grain falls under the action of its own mass by gravity. The size of the grinding is regulated by variable sieves. When using crushed grain as animal feed, it must be borne in mind that at a high degree of crushing with the subsequent operations of transportation, overloading and delivery in the dry form, the crushed mass will powder. In this case, the loss of expensive feed increases, and the dust adversely affects the health of animals, especially young animals. The article presents an overview of the literature data on the use of grain mills for grain grinding, the variety of directions for improving aggregates, which indicates that the technical characteristics of grain mills for grinding feed material are being improved. The analysis of the parameters of the grain mills by the criteria of resource consumption showed that the use of grain shredders with a productivity of less than 300-400 kg / h is inappropriate. Analyzing the chronology of the directions of development and production of machines for grinding grain in small farms the tendency of using grain mills with a productivity of 700-1000 kg / h is traced. This is facilitated by the process of land consolidation and the size of livestock farms. Grain crushers are part of other units, which gives significant savings on transportation costs for grain delivery, the ability to prepare feed directly in the storage of raw materials or fattening animals, the ability to provide feed production services in other farms

The proposed structural and technological scheme of the impact crusher has several advantages over existing crusher structures. The deflecting elements made on the plates, allow to reduce the speed of movement of the material, which is crushed by slowing the air-product layer in the crushing chamber. The rigid attachment of the hammers to the rotor increases the efficiency of the crushing process and the efficiency of the crushing machine as a whole.

The use of centrifugal-impact grain mills in feed processing lines allows to reduce the specific energy consumption up to 4.2 kW · h / t, to obtain the size of the product according to the zootechnical requirements with the milling module  $M = 1.8$  mm.

**small pig-breeding farm, impact crusher, energy-efficient, grain**

*Одержано (Received) 11.12.2019*

*Прорецензовано (Reviewed) 16.12.2019*  
*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019*