

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»
на тему:
**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів зворотно-
поступального робочого органу подрібнювача кормів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Ватченко Артем Русланович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Яропуд Віталій Миколайович

Дніпро, 2022

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«24» січня 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ватченко Артем Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів зворотно-поступального робочого органу подрібнювача кормів

керівник роботи Алієв Ельчин Бахтияр огли, д-р техн. наук, старш. дослід., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«24» січня 2022 року № 120

2. Строк подання студентом роботи 14.02.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючих конструкцій подрібнювачів кормів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Стан питання, мета і завдання досліджень. 2. Теоретичні дослідження робочого процесу подрібнювача. 3. Методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Техніко-економічні показники подрібнювача кормів. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (3 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4)
4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алієв Е. Б., професор		
2	Алієв Е. Б., професор		
3	Алієв Е. Б., професор		
4	Алієв Е. Б., професор		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вініченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О. С., доцент		

7. Дата видачі завдання: 24.01.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	до 24.01.2022 р.	
2	Теоретичний	до 24.01.2022 р.	
3	Експериментальний	до 24.01.2022 р.	
4	Охорона праці	до 24.01.2022 р.	
5	Економічний	до 31.01.2022 р.	
6	Демонстраційна частина	до 07.02.2022 р.	

Студент

_____ (підпис)

Ватченко А. Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Алієв Е. Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Ватченко А. Р. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів зворотно-поступального робочого органу подрібнювача кормів. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

У вступній частині роботи наведено результати актуальності теми, зазначені задачі і мета досліджень. Аналіз стану механізації процесу подрібнення концентрованих кормів дозволили визначити основні напрямки вирішення поставлених задач. В другому розділі проведені теоретичні дослідження робочого процесу подрібнювача. Представлено будову і принцип роботи подрібнювача концентрованих кормів. В результаті експериментальних досліджень проведено оцінку впливу параметрів подрібнювача на процес подрібнення. Представлені результати оцінки охорони праці. Приведено техніко-економічне обґрунтування розробленого подрібнювача. Представлені загальні висновки. Наведено перелік використаної літератури.

Ключові слова: корми, подрібнювач, фактори, критерії, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Види кормів і ефективність їх підготовки до згодовування тваринам	9
1.2 Стан механізації процесу подрібнення концентрованих кормів	18
1.3 Аналіз наукових досліджень по вивченню процесу подрібнення концентрованих кормів	31
1.4 Мета і завдання досліджень	33
1.5 Висновки з розділу	34
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЮВАЧА	35
2.1 Опис конструкції і принцип дії подрібнювача.....	35
2.2 Визначення сил які виникають при вході леза в матеріал	36
2.3 Визначення роботи що витрачається на подрібнення	40
2.4 Визначення витрат потужності на подрібнення	46
2.5 Висновки з розділу	47
3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	48
3.1 Програма експериментальних досліджень	48
3.2 Опис експериментальної установки.....	48
3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей зерен і гранулометричний склад подрібненого продукту	49
3.4 Методика визначення продуктивності подрібнювача	51
3.5 Методика визначення потужності, що витрачається на процес подрібнення	51
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	53
4.1 Оцінка впливу параметрів на процес подрібнення	53
4.2 Визначення ресурсу подрібнювача	56
4.3 Висновки з розділу	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
5.1 Основні поняття і визначення	58

5.2 Охорона праці при роботі в кормоцеху для термохімічної обробки кормів	58
5.3 небезпечні фактори при експлуатації розробленого подрібнювача	65
5.4 Перелік дій в надзвичайних ситуаціях при використанні подрібнювача в кормоцеху	66
5.5 Висновки з розділу.....	69
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ	70
6.1 Розрахунок економічних показників	70
6.2 Висновки з розділу.....	72
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	75
Додатки	81

ВСТУП

Тваринництво і рослинництво є основою для виробництва якісних продуктів харчування. Для розвитку галузі тваринництва необхідне створення міцної кормової бази. При виробництві м'яса і молока частка кормів в собівартості складає 60...75%. Збільшення виробництва кормів вимагає удосконалення технологій, машин і устаткування в напрямі зменшення енергоємності машин і підвищення якості отриманих кормів.

В цілому по Україні витрати кормів на 1 ц молока перевищують нормативні в 1,5 разу, на відгодівлі великої рогатої худоби - в 2,5 разу, свиней - в 2 рази. Причинами такої перевитрати кормів є недоліки в технології підготовки їх до згодовування, втрати при зберіганні і роздачі.

У кормовому балансі близько 25% доводиться на концентровані корми (насіння злакових і зернобобових культур), які є основою високої продуктивності тварин.

Технологія годування великої рогатої худоби передбачає згодовування концентрованих кормів у складі кормосумішей у розсипному, гранульованому, брикетованому вигляді.

Підготовка концентрованих кормів до згодовування у вигляді гранул або брикетів супроводжується великими енерговитратами, в той час як витрати енергії на подрібнення істотно нижчі ніж на гранулювання або брикетування. Отже, приготування розсипних кормосумішей вигідніше.

Тому вельми актуальним є питання дослідження найбільш раціональних технологій, режимів і параметрів устаткування що забезпечують проведення процесу подрібнення концентрованих кормів.

1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Види кормів і ефективність їх підготовки до згодовування тваринам

Швидкий розвиток тваринництва необхідний для задоволення потреб населення, що ростуть, в основних продуктах харчування, а легкій промисловості – в сировині. Успішний розвиток тваринництва можливий на основі розвиненої кормової бази. Велику роль в створенні міцної кормової бази для тваринництва грає комбікормова промисловість. Вона покликана забезпечувати тваринницькі і птахівницькі господарства концентрованими комбікормами високої поживності, що містять всі необхідні для тварин речовини: білки, вуглеводи, жири, мінеральні елементи і вітаміни.

Проте серед природних кормів, особливо рослинних, немає таких, які б містили всі необхідні поживні і біологічно активні речовини, необхідні для нормального зростання і розвитку тварин [1, 2]. Рослинні корми в основному містять вуглеводи, а білка в них значно менше, ніж необхідно для більшості видів тварин при інтенсивному їх розвитку. Корми тваринного походження багатші білком, але виробляють їх украй мало.

Різні корми (соковиті, грубі, концентровані) при згодовуванні їх твариною в окремому вигляді не задовольняють потреб організму в поживних речовинах. Тому складають різні суміші кормів [3].

Однорідна суміш очищених і подрібнених в необхідній ступені різних кормових засобів, складена по науково обґрунтованих рецептах, називається комбікормом (комбінованим кормом). Комбікорми повинні містити не менше трьох різних за своєю природою видів кормових засобів, не рахуючи мінеральних і інших добавок, повинні задовольняти потребу тварин у вуглеводах, протеїні, мінеральних речовинах, вітамінах [4].

По кормовому значенню комбікорми поділяють на комбікорми концентрати, комбікорми повнораціонні, білкові вітамінномінеральні добавки і кормові суміші [5].

Комбікормиконцентрати – це суміші різноманітних концентрованих кормів, які призначені для згодовування тваринам і птахам на додаток до соковитих, грубих і іншим кормам, що входять в кормові раціони, що складаються в господарствах. Вони забезпечують найбільш повноцінне годування тварин.

Основне призначення комбікормівконцентратів – підвищити вміст білків в кормовому раціоні, правильно поєднувати його амінокислотний, вуглеводний і жировий склад.

Комбікорми повнораціонні – це суміші концентрованих і грубих кормів, в поживному відношенні що забезпечують потребу тварин у всіх необхідних поживних речовинах.

Вони повністю забезпечують кормовий раціон тварини і можуть згодовуватися без додавання інших кормів.

Білкововітамінномінеральними добавками (БВМД) є суміші, у складі яких вищий вміст протеїну, вітамінів, мінеральних речовин, мікроелементів і антибіотиків в порівнянні з комбікормаиконцентратами [6, 7, 8].

До складу БВМД входять: високобілкові корми (макухи, шроти, дріжджі, рибна мука і ін.); мінеральні речовини (сіль); вітаміни (А, В₂, В₁₂, D₂, РР, пантотенова кислота, холинхлорид і ін.); мікроелементи (солі марганцю, цинку, кобальту і ін.); антибіотики (біоміцин вітамінізований кормовий – БВК, Біовіт 40, Тераміцин і ін.). Виготовляють БВМД на комбікормових заводах і вводять в корми безпосередньо в тваринницьких господарствах.

Кормова суміш – найбільш проста суміш, що складається з трьох чотирьох інгредієнтів, в основному відходів зернопереробних підприємств і деяких інших добавок. Згодовують її великій рогатій худобі і вівцям [9].

Концентровані і повнораціонні комбікорми виробляють сухі і мелясовані, в розсипному, гранульованому або брикетованому вигляді. Спресовані комбікорми в порівнянні з розсипними займають менший об'єм, зручніші при транспортуванні, добре зберігаються [8, 10, 11].

Комбікорми-концентрати і повнораціонні комбікорми збагачують мікроелементами, вітамінами, антибіотиками. У комбікормах, призначених для великої рогатої худоби, вводять карбамід.

Поживна цінність комбікормів залежить не тільки від набору інгредієнтів, але також і від правильного співвідношення між поживними речовинами, що містяться в них.

Підбирати корми для складання комбікорму слід з таким розрахунком, щоб в суміші були всі поживні речовини у необхідній кількості і правильному співвідношенні [12].

За одиницю вимірювання поживності кормів, яку назвали кормовою одиницею (корм. од.), прийнята поживність одного кілограма вівса хорошої якості з об'ємною масою 450480 г/л, вологістю 13%. У такому вівсі міститься протеїну 12%, жиру 4,6%, клітковина 9,2%, без азотистих екстрактних речовин 58%, золи 3,2% [4, 8].

При оцінці комбікормів число кормових одиниць відносять до 100 кг комбікорму, а вміст перетравного протеїну виражають кількістю грамів його в 1 корм. од. Вміст сирової клітковини визначають в % до маси комбікорму [13].

Вміст в комбікормах кормових одиниць, перетравного протеїну і сирової клітковини залежить від призначення комбікормів і коливається в широких межах. Так, в 100 кг комбікорму число кормових одиниць коливається від 70 до 105, перетравного протеїну в 1 корм. од. – від 80 до 170 г і сирової клітковини – від 4,5 до 14% [14].

Система оцінки поживності кормів для птахів в кормових одиницях не відображає повністю обмінних процесів, що відбуваються в організмі птаха. Оцінку поживності кормів для птахів доцільно вести з розрахунку на 100 г сухої суміші кормів за вмістом в ній обмінної енергії (вираженою в кілокалоріях), сирового протеїну, клітковини, жиру і мікроелементів. У 100 г комбікорму повинно міститися: кілокалорій не менше 300, сирового протеїну не менше 15 г, сирової клітковини не більше 4,5 г, піску не більше 0,5% [15, 16].

Якість комбікормів повинна відповідати вимогам стандартів і технічних умов, залежно від виду тварин, віку і господарського призначення.

У технічних умовах (стандартах) передбачена оцінка якості комбікорму за наступними показниками: зовнішньому вигляду, кольору і запаху, якості помелу, кількості кормових одиниць в 100 кг комбікорму, вмісту перетравного протеїну і сирої клітковини, вологості, вмісту піску, металломагнітних домішок, шкідливих домішок, зараженості шкідниками і наявності насіння культурних і дикорослих рослин [17].

Якість комбікорму залежить не тільки від якості сировини, що переробляється, але і від правильності технологічного процесу. Неправильне ведення технологічного процесу може впливати на вміст в комбікормі вологи, сторонніх домішок, на величину помелу і таким чином порушити рецепт.

Запах і смак, не властиві даному корму, впливають на споживаність його тваринами. Тварини не їдять корм із сторонніми запахами (гнильним, затхлим), а також гіркого смаку, не дивлячись на його високу поживну цінність. Зіпсовані корми при згодовуванні можуть викликати не тільки захворювання, але і загибель тварин. Особливо небезпечні в цьому відношенні продукти розпаду білкових речовин, що утворюються при гнитті білків в сировині тваринного походження. Кормові продукти з великим вмістом отруйних рослин – спори, куколя, головешки, горчака, п'яного плевела, а також з помітними слідами отруйних речовин після протравлення насінного зерна небезпечні для здоров'я тварин, особливо для молодняка [18]. Готовий комбікорм повинен бути однорідним на вигляд, без ознак цвілі. Колір залежить від складу вхідних в комбікорм інгредієнтів (зазвичай сірий колір з відтінками: сірожовтий, білосірий і т. д.). Запах комбікорму повинен відповідати запаху набору інгредієнтів. Вологість повинна бути не більше 14,5%, кислотність по витяжці не більше 5% [5].

Із сторонніх домішок особливо слід звернути увагу на наявність в комбікормі піску, металломагнітних домішок і насіння отруйних рослин. Залежно від виду комбікорму вміст в нім піску допускається від 0,3 до 0,7%. Допустимий вміст металломагнітних домішок на 1 кг комбікорму: для підсвинків не більше 10

міліграма, для молодняка свиней не більше 25 міліграма і для решти сільськогосподарських тварин не більше 50 міліграма. Наявність крупних металевих частинок з гострими ріжучими кромками не допускається [19], Величину помелу інгредієнтів встановлюють залежно від вигляду і віку тварин. Стандарт передбачає три ступені помелу інгредієнтів [20], Для виробництва комбікормів застосовують різноманітну сировину рослинного, тваринного і мінерального походження. Основною сировини рослинного походження є: зерно злакових і бобових культур – жито, пшениця, кукурудза, овес, ячмінь, просо, чумиза, сорго, горох, чечевиця, вика, кінські боби, нут; грубі корми – сіно, солома, кукурудзяні стрижні, лушпиння ячменю і вівса; корми, багаті вітамінами і мінеральними речовинами, – трав'яна мука, хвойна мука, мука з деревного листя, морські водорості [21, 22, 24]

Корма тваринного походження – це молоко і залишки від його переробки, відходи м'ясокомбінатів, рибної промисловості [25], До сировини мінерального походження відносяться: куховарська сіль, крейда, мука черепашкова, травертинова і вапнякова.

Крім того, для виробництва комбікормів використовують відходи харчової промисловості і технічних виробництв, що переробляють сільськогосподарські продукти, Найбільше значення мають відходи мукомельнокруп'яної, маслоекстракційної, крохмалопаточної, цукрової, бродильної, м'ясної і рибної промисловості [16, 23, 26]. Ці виробництва дають наступні відходи: мукомельнокруп'яна і елеваторна промисловість – висівки житні, пшеничні і кукурудзяні, зернові відходи; маслоекстракційні заводи – макухи і шроти; крохмалопаточна промисловість – сухі пшеничні корми (глютен), картопляну мезгу, сухі кукурудзяні корми (маїсові); цукрова промисловість – буряковий жом, кормову патоку (мелясу); бродильні виробництва – солодові паростки, суху пивну дробину (гушавина) і барду; гідролізна промисловість – кормові дріжджі сухі (опромінені і неопромінені); м'ясна і рибна промисловість – муку м'ясо кісткову, кров'яну, рибну, китову, кормовий жир і молочні корми [27], Зерно злакових і бобових культур відноситься до концентрованих корм. Вони багаті вуглеводами і

володіють високою калорійністю, тому є основними для годування тварин і вводяться майже у всі види комбікорму [22].

При складанні рецептів комбікорму необхідно враховувати всі переваги і недоліки злакових і бобових культур, щоб разом з іншими інгредієнтами отримувати біологічно повноцінні комбікорми [28].

Овес по дієтичній дії вважається одним з кращих кормів для тварин. Овес покритий плівками, що легко відділяються, які складають близько 30% маси зерна. У плівках міститься багато клітковини, мало протеїну і жир. По загальній поживності вони близькі до соломи, тому при оцінці якості вівса велике значення надають плівчастості. Для молодняка сільськогосподарських тварин і птахів овес очищають від плівок. У 1 кг вівса міститься в середньому: натрію 0,73 г, калію 3,98, кальцію 1,43, фосфору 3,3 г. У зв'язку з наявністю великої кількості клітковини норма введення вівса в комбікорми обмежується, вона складає 20–60% [30]. Ячмінь згодують всім сільськогосподарським тваринам і птахам. На відміну від вівса кольорова плівка ячменю зростається із зернівкою, тому плівка погано відділяється від ядра. Плівчастість ячменю коливається в межах 9–16%. В середньому в 1 кг ячменю міститься 1,13 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 267 ккал). У ячмені міститься перетравного протеїну 7,9%, сирого жиру 2,3%, сирої клітковини 5,5%. У 1 кг ячменю міститься амінокислот – лізину 4,4 г, метіоніну і цистину по 1,8, триптофану 1,6, мінеральних речовин – натрію 0,4 г, калію 4,57, кальцію 0,6, фосфору 3,29. Ячмінь вважається хорошим кормом для коней, великої рогатої худоби, птахів і свиней. Норма введення ячменю в комбікорми 20–60% [31].

Кукурудза за вмістом кормових одиниць (1,32 корм, од.) перевершує решту зерна злакових культур. Крім того, вона містить мало сирої клітковини (2,2%). Кукурудза вважається хорошим кормом для всіх сільськогосподарських тварин і птахів, містить обмінній енергії 340 ккал, перетравного протеїну 7,8%, сирого жиру 4,7%. У 1 кг кукурудзи міститься: лізину 2,9 г; метіоніну 1,9; цистину 1; триптофану 0,8 г; мінеральних речовин – натрію 0,28 г; калію 3,81; кальцію 0,41; фосфору 3,1 г. Норма введення кукурудзи в комбікорми 10–45% [31].

Жито – хороший інгредієнт комбікормів для тварин, але крохмаль жита сильно набухає в шлунку тварини, і це може викликати розлад травлення, тому норма введення жита в комбікорми обмежується.

По хімічному складу і загальній поживності жито близьке до ячменю. У 1 кг жита міститься 1,11 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 270 ккал). У житі міститься: перетравного протеїну 10,6%; амінокислот – лізину 1,4 г; метіоніну 1,7; цистину 1,8; триптофану 1,1; мінеральних речовин – натрію 1,1; калію 5,72; кальцію 0,84; фосфору 3,42 г. Норма введення жита в комбікорми від 5 до 30% [32].

Пшениця – хороший корм для всіх видів сільськогосподарських тварин. У 1 кг її міститься 1,19 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 291 ккал). У пшениці міститься: перетравного протеїну 12%; сирого жиру 1,1%; сирої клітковини 2,6%. У 1 кг пшениці міститься амінокислот: лізину 3,9 г; метіоніну 2,1; цистину 2,0; триптофану 1,8; мінеральних речовин – натрію 1,59; калію 4,3; кальцію 0,59; фосфору 4,7 г, норма введення пшениці в комбікорми 20–50% [33].

Зерно пшениці і жита вводять в комбікорми у тому випадку, коли воно по своїй якості не відповідає вимогам стандартів на продовольче зерно, але цілком придатне для згодовування сільськогосподарською твариною.

Просо – хороший інгредієнт комбікормів для сільськогосподарського птахів, а також для відгодівлі свиней і великої рогатої худоби. Оболонка проса містить значну кількість кремнезему який майже не перетравлюється. Тому просо перед введенням в комбікорми необхідно дрібно подрібнювати. У 1 кг проса міститься 0,95 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 280 ккал). У просі міститься перетравного протеїну 7,9%, сирого жиру 4,3 %, сирої клітковини 9,7 %. У 1 кг проса міститься амінокислот – лізину 2,4 г, метіоніну 2,6, триптофану 1,5; мінеральних речовин – натрію 0,31, калія 4,12, кальцію 0,1, фосфору 3,13 р. Норма введення проса в комбікорми 1530% [18, 34].

Горох – найбільш поширена кормова бобова культура. Насіння кормового гороху (лушпиня) по забарвленню може бути зеленим, фіолетовим, чорним, бурим або плямистим. У 1 кг гороху міститься 1,15 корм. од. (у 100 г обмінної

енергії 228 ккал). У горосі міститься перетравного протеїну 19,5%, сирого жиру 1,9%, сирі клітковини 5,4%. У 1 кг гороху міститься амінокислот: лізину 14,8 г, метіоніну 3,2, цистину 9,37, кальцію 1,7, фосфору 3,7 р. горох вводять в комбікорми від 5 до 25% [34].

Вика багата білком і крохмалем. У небілкові азотисті речовини вики входять вільні амінокислоти, а також отруйні глікозиди (віцін і віціанін). Віцін при розкладанні дає дивіцін, який утворює синильну кислоту. Наявність цих речовин обумовлює отруйність і гіркота насіння вики, тому їх погано поїдають тварини. Перед використанням вики на комбікорми слід перевіряти на вміст синильної кислоти. У 1 кг зерна вики міститься перетравного протеїну 21,8% сирого жиру 1,5, сирі клітковини 5,5%. У 1 кг вики міститься амінокислот: лізину 14,8 г, метіоніну 6,8, цистину 2,9, триптофану 2,1; мінеральних речовин: натрію 0,56, калію 0,64, кальцію 1,4, фосфору 4,1 г. Норма введення вики в комбікорми 1015%.

Люпин за вмістом перетравного протеїну відноситься до кращих бобових культур. Гіркі сорти, що містять алкалоїди, в корм тваринам непридатні. Тому в комбікормовій промисловості використовується тільки солодкий (безалкалоїдний) люпин. У 1 кг люпину міститься 1,11 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 180 ккал). У люпині міститься перетравного протеїну 27,1 % сирого жиру 3,7 %, сирі клітковини 15,4%. У 1 кг люпину міститься амінокислот: лізину 18,9 г, метіоніну 4,2, цистину 4,6, триптофану, 3,8; мінеральних речовин кальцію 3, фосфору 5 г. Норма введення люпину в комбікорми 1029% [36]. Боби кормові багаті білком і крохмалем. Крохмалю в бобах міститься до 40%. Боби підрозділяються на два типи: крупно насінневі (довжина боба 15 мм і більше) і дрібно насінневі (довжина боба до 15 мм), крім того на два підтипи – світлі (білого і жовтого забарвлення з різними відтінками) і темні (червоні, коричневі, фіолетові, чорні з різними відтінками). У 1 кг бобів міститься 1,15 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 236 ккал). У бобах міститься перетравного протеїну 23,7%, сирого жиру 1,0, сирі клітковини 5,2%. У 1 кг бобів міститься амінокислот: лізину 16,3 г, метіоніну 2,3,

цистину 2,8, триптофану 2,3, мінеральних речовин – натрію 0,74, калію 10,74, кальцію 1,5, фосфору 5,3 р. Норма введення кормових бобів в комбікорми 815% .

Чумиза. Зерно чумизи щільно оточене кольоровою плівкою ясножовтий або червоний кольори, що становлять 1517% маси зерна. Зерно чумизи вводять в комбікорми до 25%. У 1 кг чумизи міститься 0,99 корм. од. У чумизі міститься кальцію 1,1 г, фосфору 2,4 г, перетравного протеїну 8,6%, сирій клітковини 5,7, сирого жиру 3,3%.

Сорго. Зерно сорго схоже на зерно проса, але в 56 разів більше. Вводять його в комбікорми для свиней в кількості 1020%. У 1 кг зерна сорго міститься 1,15 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 300 ккал). У сорго міститься перетравного протеїну 9,6%, сирого жиру 2,9 %, сирій клітчатки 3,5%. У 1 кг сорго міститься амінокислот: лізину 2,8 г, метіоніну 1,1, цистину 1,8, триптофана 1,0; мінеральних речовин натрію 0,58, калію 2,51, кальцію 0,1, фосфору 2,4 г. Окремі види сорго містять синильну кислоту; при виявленні її введення сорго в комбікорми заборонене.

Гречка. Зерно гречки покрите твердою плодовою оболонкою, що становить близько 20% маси всього зерна. У 1 кг гречки міститься 0,98 корм. од. У гречці міститься перетравного протеїну 7,9%, сирій клітковини 8,8%. У 1 кг гречки міститься: лізину 6,4 г, калію 10,94, кальцію 8,35, фосфору 2,15 г. Зерно гречки вводять в комбікорми 1020%.

Соя виділяється серед бобових культур високим вмістом протеїну (21,2%) і жиру (16,9%). Норма введення сої в комбікорми до 5%. У 1 кг сої міститься 1,31 корм. од. (у 100 г обмінної енергії 299 ккал); сирій клітковини 7,9 %, лизіна 21,9 г, метіоніну 4,6, цистину 5,3, триптофану 4,3, кальцію 2,1, фосфору 5,9 г.

Зерна нуту добре перетравлюються всіма сільськогосподарськими тваринами і птахами. Вводити нут в комбікорми можна в кількості до 15%. У 1 кг зерна нуту міститься 1,15 корм, од., перетравного протеїну 16,5%, клітковина 5,1%, лізину 5,5 г, метіоніну 2, цистину 0,7, триптофану 1 г.

1.2 Стан механізації процесу подрібнення концентрованих кормів

Концентровані і повнораціонні комбікорми виробляють сухі і мелясовані, в розсипному, гранульованому або брикетованому вигляді. Пресовані комбікорми в порівнянні з розсипними займають менший об'єм, зручні при транспортуванні, добре зберігаються. Проте, при зберіганні пресованих комбікормів, усередині гранул і брикетів відбувається розвиток шкідливої мікрофлори. Комбікорми концентрати і повнораціонні комбікорми збагачують мікроелементами, вітамінами, антибіотиками. У комбікорми, призначені для великої рогатої худоби, вводять карбамід.

Поживна цінність комбікормів залежить не тільки від набору інгредієнтів, але також і від правильного співвідношення між поживними речовинами, що містяться в них.

Підбирати корми для складання комбікорму слід з таким розрахунком, щоб в суміші були всі поживні речовини у необхідній кількості і правильному співвідношенні.

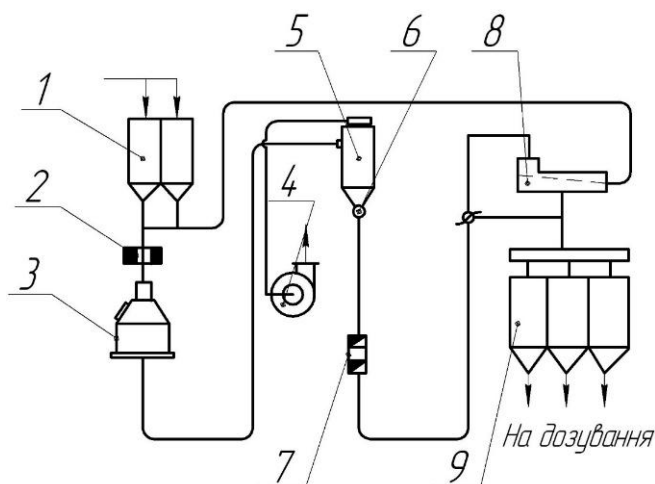
Інгредієнти, що використовують в комбікормовій промисловості, розрізняються між собою як по фізичних властивостях, так і по ступеню готовності їх до введення в комбікорми. Залежно від цього сировину поділяють на дві основні групи: м'які інгредієнти, що не підлягають подрібненню, і інгредієнти, що підлягають подрібненню [4].

Ефективне використання поживних речовин, що знаходяться в комбікормі, можна забезпечити, якщо складові його частини подрібнені до необхідної величини.

Якість комбікормів повинна відповідати вимогам стандартів і технічних умов, залежно від виду тварин, віку і господарського призначення.

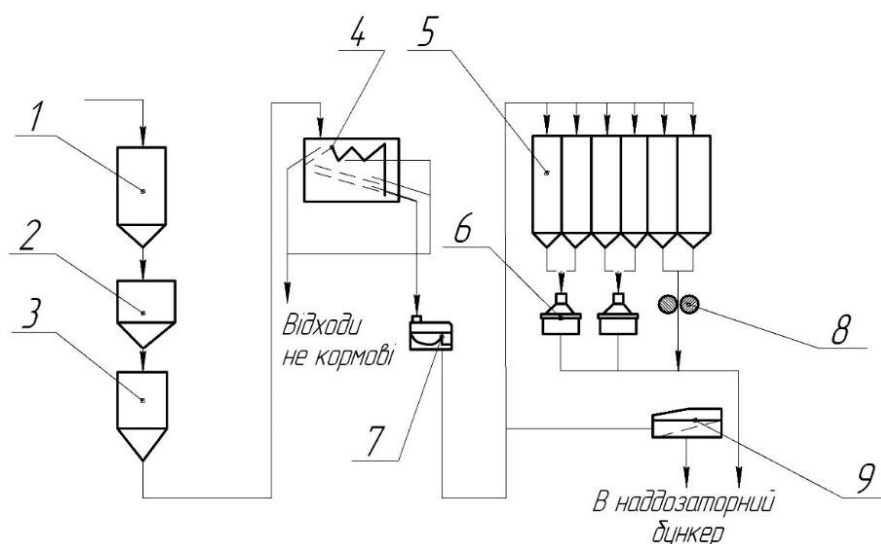
Якість комбікорму залежить не тільки від якості сировини, що переробляється, але і від правильності технологічного процесу. Неправильне ведення технологічного процесу може впливати на вміст в комбікормі вологи, сторонніх домішок, на величину помелу і, таким чином, порушити рецепт.

Побудова процесу дроблення інгредієнтів залежить від продуктивності заводу і асортименту комбикормів, що виробляються. На великих заводах дроблення інгредієнтів проводиться декількома дробарками. Робочі органи цих дробарок підбирають відповідно до фізичних властивостей інгредієнтів, що підлягають дробленню, для отримання максимального технологічного ефекту їх роботи.



1,8 – бункери; 2 – магнітний апарат; 3 – дробарка; 4 – вентилятор;
5 – циклон; 6 – шлюзовий затвор; 7 – норія; 9 – просіювач

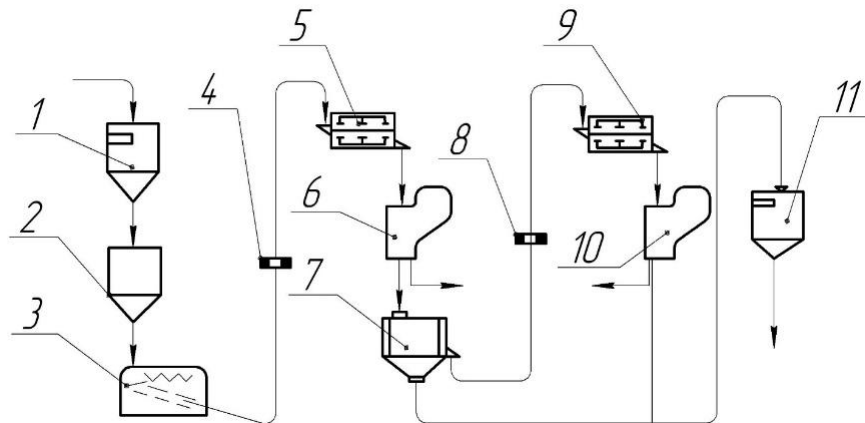
Рисунок 1.1 – Схема дроблення зернових інгредієнтів



1,3 – бункер; 2 – автоматичні ваги; 4 – сепаратор; 5 – електромагнітний сепаратор; 6 – бункера над дробарками; 7 – дробарки; 8 – вальцевий верстат;
9 – просіююча машина

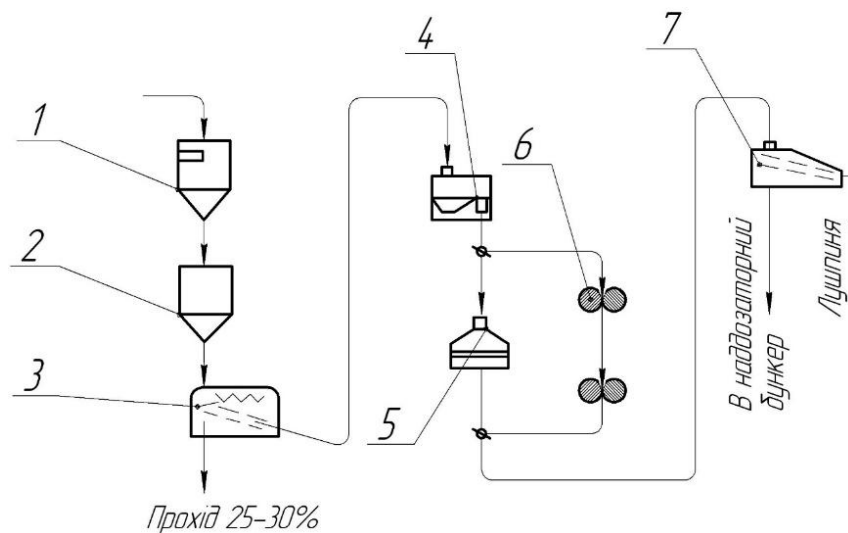
Рисунок 1.2 – Лінія зернової сировини

Окрім цього, залежно від фізичних властивостей продуктів помелу, застосовують додаткові процеси просіювання і різні способи транспортування [25, 35]. Найбільш характерною схемою процесу дроблення інгредієнтів є схема, представлена на рисунку 1.1 [4, 36].



1 – автоматичні ваги; 2 – підвісний бункер; 3 – повітряноситової сепаратор;
4, 8 – магнітні запони; 5, 9 – оббивні машини; 6, 10 – аспіратори; 7 – трієр

Рисунок 1.3 – Схема лущення із застосуванням оббивних машин



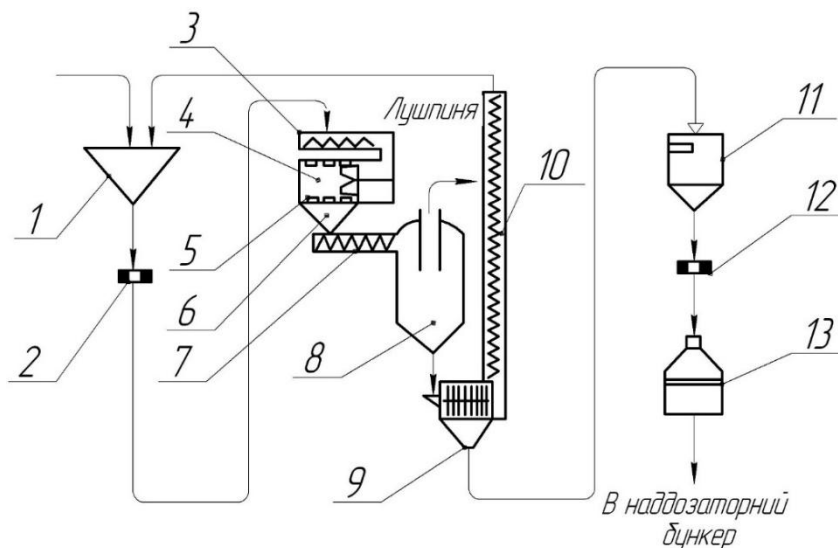
1 – автоматичні ваги; 2 – підвісний бункер; 3 – сепаратор;
4 – електромагнітний сепаратор; 5 – молоткова дробарка; 6 – вальцева
машина; 7 – просіваюча машина

Рисунок 1.4 – Схема відділення плівок з використанням дробарок і
вальцових машин

Лінія зернової сировини (рис. 1.2.) використовують для послідовного очищення і подрібнення зерна різних культур (вівса, ячменю, проса, кукурудзи, гороху, вики, чечевиці, жита, пшениці, сої, чумизи і т. д.), а також зернових продуктів від первинної обробки зерна [37, 38].

Технологічна схема підготовки вівса представлена на рисунках 1.3 і 1.4 [39, 40].

Схема лущення з використанням шолушильної машини А1ДШО представлена на рис. 1.5 [41, 42]. Машина А1ДШО продуктивністю 2,4–3 т/год застосовується для лущення вівса і ячменю, що вводяться до складу комбикормів, призначених для молодняка тварин.



1 – приймальний бункер; 2, 12 – магнітні запони; 3 – шнек; 4 – шолушильна секція; 5 – кулачки; 6 – випускна конус; 7 – розподільний шнек; 8 – аспіраційна колонка; 9 – трієр; 10 – вертикальний шнек; 11 – автоматичні ваги.

Рисунок 1.5 – Схема лущення з використанням А1ДШО

Провівши аналіз існуючих схем потоковотехнологічних ліній подрібнення кормів, можна відзначити, що основними машинами для подрібнення кормів в їх складі є молоткові дробарки і вальцові верстати. Далі перейдемо до розгляду існуючих машин для подрібнення кормів і їх особливостей.

Інгредієнти, що використовують в комбікормовій промисловості, розрізняються між собою як по фізичних властивостях, так і по ступеню готовності їх до введення в комбікорми. Залежно від цього сировину поділяють на дві основні групи: м'які інгредієнти, що не підлягають подрібненню, і інгредієнти, що підлягають подрібненню.

До першої групи інгредієнтів відносяться висівки, мясокісткова, рибна мука і т. д., до другої – зернові культури, кукурудза в качанах, макуха, мінеральна сировина, крупні фракції кормових продуктів харчових виробництв.

Подрібнення сировини – важливий етап в технологічному процесі комбікормового виробництва. Від нього багато в чому залежить якість готової продукції.

Подрібнювані зернові і бобові культури, кукурудза, макухи і шроти, жом і інші інгредієнти різко відрізняються один від одного по структурномеханічним властивостям і опорі подрібненню [44].

Різноманітний асортимент сировини в комбікормовому виробництві визначає велику номенклатуру дробильно мельних машин (молоткові дробарки, дезинтегратори, вальцові верстати, жорна, плющильні верстати, верстати для попереднього дроблення макухи). Машини використовують як самостійно, так і в різних поєднаннях [23, 46, 47, 45, 48, 49].

Подрібнення кормів дає можливість рівномірно їх змішувати в змішувачах. На розжовування подрібнених частинок тварини витрачають менше енергії, чим на розжовування великих, при цьому підвищується перетравлюваність корму.

Кожен вид сировини, якщо не встановлені спеціальні норми величини продуктів, подрібнюють до ступеня норм величини розсипного комбікорму, за винятком кухонної солі, яка після подрібнення повинна повністю проходити через сито з отворами \varnothing 0,8 мм або дротяне сито № 08. Важкоподрібнюєму сировину рекомендується просівати і отримувані сходи повторно подрібнювати [50].

Овес і ячмінь, які є інгредієнтами брикетованих повнораціонних комбікормів для коней, піддають плющенню на спеціальних вальцевих верстатах

[4]. Над кожною подрібнючою машиною передбачається не менше двох бункерів, які по своїй ємкості відповідають продуктивності машин на 2 – 4 т [51].

Під подрібненням розуміють процес зменшення розмірів частинок даного матеріалу під впливом зовнішніх умов. Якщо крупні шматки твердого матеріалу зменшують на частини великої величини, то цей процес називається дробленням [15].

У комбикормовій промисловості встановлено три ступені величини помелу з наступними числовими показниками кожного ступеня, так званим модулем величини помелу . Помел вважається великим, якщо величина частинок 2,6–1,8 мм, середнім – 1,8–1,0 мм і дрібним – 1,0–0,2 мм [34].

Процес подрібнення супроводжується утворенням великої кількості дрібних частинок з величезною загальною поверхнею і великою витратою енергії . В процесі подрібнення тіло сприймає спочатку пружні і пластичні деформації, а потім при подоланні сил молекулярного зчеплення руйнується, утворюючи частинки з великою сумарною поверхнею.

Критерієм оцінки ефективності процесу подрібнення може служити коефіцієнт корисної дії – η (%) [52].

Робота, що витрачається на подрібнення продукту, різко зростає із збільшенням ступеня подрібнення, тому не слід подрібнювати продукт більш, ніж це необхідно за умовами стандарту. Інакше збільшується витрата енергії на подрібнення і знижується продуктивність машини. З підвищенням вологості подрібнюваної сировини величина помелу збільшується, продуктивність дробарки знижується, а питома витрата енергії зростає.

Найбільша продуктивність і найменша витрата енергії спостерігається при подрібненні гороху. Горох має найнижчий модуль величини. Найбільш енергоємною культурою є ячмінь. На гранулометричний склад продуктів подрібнення впливають структурно механічні властивості зерна. Продукт подрібнення ячменю має найнижчу дисперсність [53].

Основу кормосумішей, як правило, складає зерно злакових і зернобобових культур. Воно збагачує кормові суміші протеїном і обмінною енергією, так

необхідними для забезпечення високої продуктивності тварин. Але для правильного використання зерна у складі кормосумішей воно повинне бути подрібненим до певного ступеня [54]. Подрібнення матеріалу може здійснюватися по наступних принципах [50]:

1) подрібнення ударом при дії на частинку кінетичної енергії, отримана швидкообертаючихся робочих органів машини;

2) подрібнення розтиранням (сколюванням) при дії на частинку двох поверхонь, з яких одна рухома, а інша нерухома, або ж обидві рухаються, але з різними швидкостями;

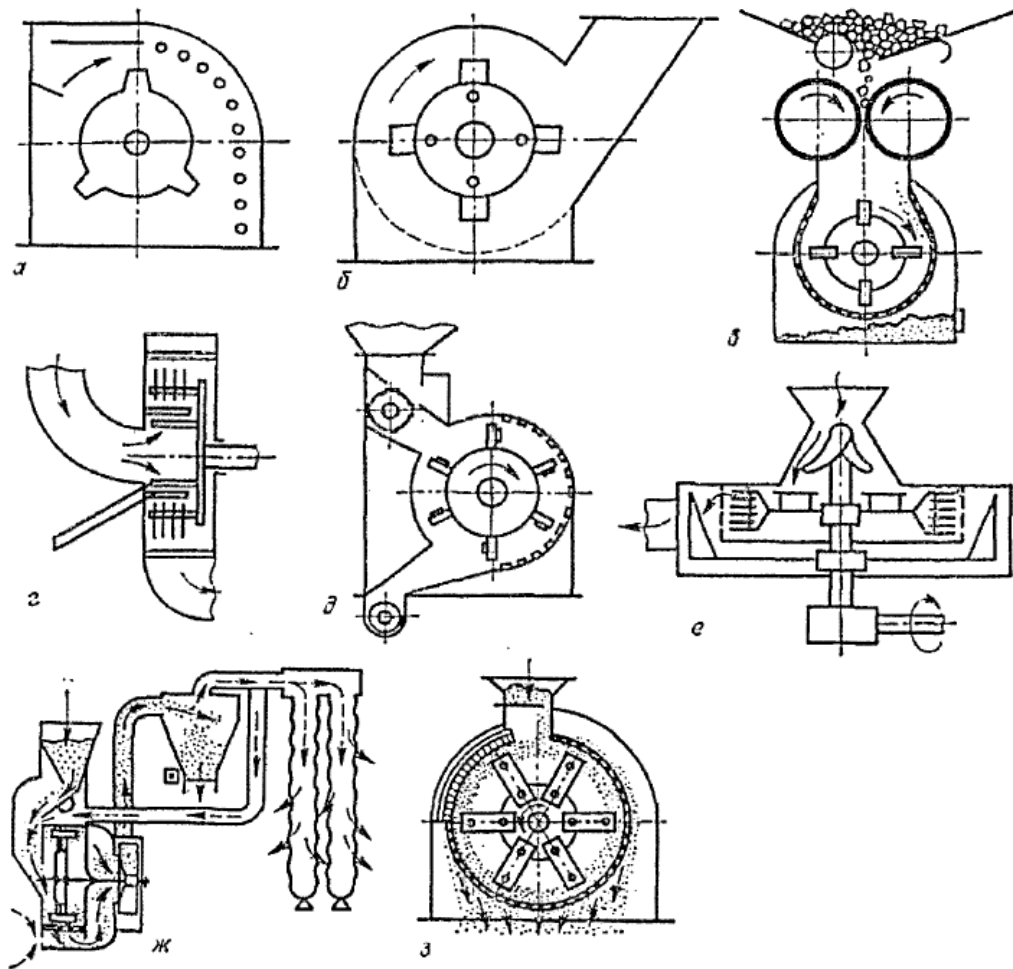
3) подрібнення розчавлюванням – стиснення частинки між двома поверхнями при зусиллі, що перевищує межу пружності і міцності матеріалу.

У комбікормовій промисловості для подрібнення сировини найширше застосовуються молоткові дробарки і вальцеві верстати [56].

Молоткові дробарки є універсальними машинами, оскільки на них можна подрібнювати всі види сировини. Простота пристрою, компактність установки, динамічність робочих режимів, високі швидкості робочих органів і безпосереднє з'єднання валу машини з електродвигуном зумовили можливість широкого застосування їх у всіх галузях народного господарства. Так, наприклад, при подрібненні сухого зерна відбувається часткова втрата готового продукту з пилоподібними фракціями. Іноді ці втрати досягають 50 кілограм з тонни переробленого зерна [37, 57].

Схеми молоткових дробарок представлені на рис. 1.6 [58].

Дробарки, що встановлюються в потокових лініях цехів або агрегатів, включаються в загальну схему подачі матеріалу і відведення продукту шляхом аспірації. Дробарки, використовувані на фермах як одиничні установки, обладнали системою трубопроводів, циклонами і фільтрамипилловловлювачами, які в сукупності утворюють замкнуту пневмосистему (рис. 1.6., ж, е).



а – відкриті; б – закриті; в, г – двухстадійні; д – жорстке кріплення робочих органів; е – горизонтальні; ж – із замкнутими повітряними потоками;

з – із шарнірними кріпленнями робочих органів

Рисунок 1.6 – Схеми молоткових дробарок сільськогосподарського призначення

Це сприяє знепилюванню приміщень, зменшується вибухонебезпека і в цілому покращуються умови охорони праці в приміщеннях.

Молотки виготовляють з марганцевистої сталі марки 65Г або з вуглецевої сталі з наплавленням робочих кромek сормайтom. Залежно від матеріалу і термообробки термін роботи молотків від 72 до 280 год [50]. Всі подрібнюючі машини, незалежно від принципу і ступеня подрібнення, а також фізичних властивостей подрібнюваного продукту, повинні задовільняти наступні основні вимоги [21]:

- 1) рівномірне подрібнення;
- 2) швидке видалення подрібненого продукту з робочої зони машини;
- 3) можливість регулювання ступеня подрібнення;
- 4) найменше пиловиділення;
- 5) безперервне і автоматичне розвантаження машини;
- 6) легка заміна швидкозношуваних деталей машини;
- 7) найменша питома витрата енергії.

Подрібнюючі машини класифікують по ступеню подрібнення на машини для грубого дроблення і для дрібного подрібнення.

У комбікормовій промисловості для дрібного подрібнення найширше застосовують молоткові дробарки, а для грубого дроблення – зубчаті і пальцьові валкові дробарки.

Робочий процес дробарки проходить таким чином: продукт, що підлягає подрібненню, прямує в робочу зону дробарки, де він дробиться на частини. На ступінь подрібнення продукту впливає: розмір зазору між молотками, нерухомими плитами і ситом; розмір отворів сита; колова швидкість молоткового ротора; форма і величина молотків. [37].

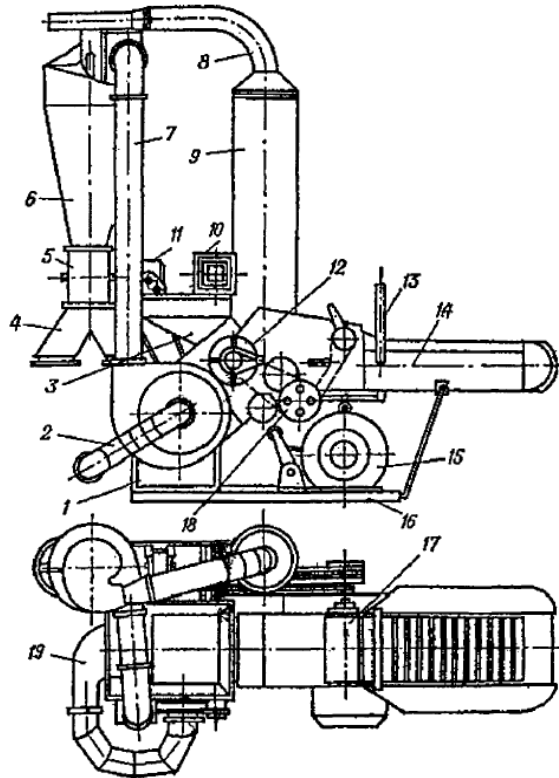
Молоткові дробарки, що використовують в комбікормовій промисловості, розрізняються між собою розмірами ротора, типом живильного механізму, наявністю вентилятора і іншими технічними параметрами.

Процес подрібнення сировини в порівнянні з іншими процесами є найбільш енергоємним. Витрата енергії на подрібнення складає 60–70% загальної витрати її на всі технологічні процеси комбікормового заводу [52].

Із збільшенням діаметру отворів сита (а, отже, і коефіцієнта живого перетину сита) продуктивність дробарки зростає, питома витрата енергії знижується, а величина помелу підвищується [62].

Основною деталлю дробарки що обертається є ротор. Не врівноваженість його може бути статична і динамічна. Статична неуврівноваженість виникає при неспівпаданні центру тяжіння мас, що обертаються, з геометричною віссю обертання унаслідок неоднакової маси дисків і молотків; неточності

геометричних розмірів; вигину валу ротора; погіршностей в sprzęженні дисків з валом і молотків з дисками. Динамічна неврiвноваженiсть ротора виникає при неспiвпаданнi осi обертання з головною вiссю iнерцiї мас, що обертаються.



1 – подрiбнюючий апарат; 2 – вентилятор; 3 – завантажувальний бункер;
 4 – раструб; 5 – шлюзовий затвор; 6 – циклон; 7 – нагнiтальний пневмопровiд; 8 – вiдвiдний пневмопровiд; 9 – фiльтр; 10 – вказiвник навантаження; 11 – черв'ячний редуктор; 12 – рiжучий апарат; 13 – важiль включення рiжучого барабана; 14 – транспортер; 15 – електродвигун; 16 – рама; 17 – пресуючий транспортер; 18 – редуктор; 19 – вiдсмоктуючий патрубок.

Рисунок 1.7 – Унiверсальна дробарка кормiв КДУ2 «Украинка»

В процесi подрiбнення утворюється багато пилу, для видалення якого дробарки аспiруються. Дробарки аспiруються вiдсмоктуванням повітря з башмака норiї, що приймає подрiбнений продукт з дробарки. При застосуваннi пневматичного транспорту, необхiднiсть аспiрувати дробарки вiдпадає [23].

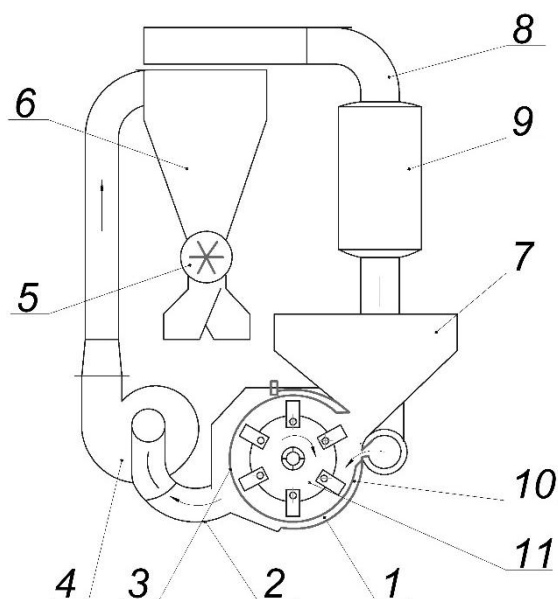
На рис. 1.7 показана унiверсальна дробарка кормiв КДУ2

Продуктивнiсть дробарки КДУ2 складає 2 т/год.

На рис. 1.8. показана кормодробарка КДМЗ [74].

Кормодробарка КДМЗ призначена для подрібнення зерна і встановлюється в потокових лініях кормоцехів. Дробарка КДМЗ входить в комплект устаткування ОКЦ50. Вона має більш зміцнені вузли, приводиться в роботу від електродвигуна через фрикційну муфту.

Великі швидкості обертання робочих органів і втрати готового продукту з пилоподібними фракціями є основними недоліками всіх конструкцій молоткових дробарок.



1 – корпус; 2 – відвідний канал; 3 – решето; 4 – вентилятор; 5 – шлюзовий затвор; 6 – циклон; 7 – бункер; 8 – трубопровод; 9 – фільтр; 10 – деко;
11 – дробильний барабан

Рисунок 1.8 – Схема дробарки КДМЗ

Окрім молоткових дробарок у складі комбікормових заводів і цехів застосовуються вальцеві млини [45, 64],

«Вальцеві млини розрізняють: по числу пар вальців – з однією або двома парами; по характерних розмірах – діаметрі і довжині вальців. Залежно від призначення застосовують вальці нарізні з рифленою, матовою (шорсткою) і гладкою (полірованою) поверхнею. Робочі органи – два циліндричних вальці однакового діаметру, що обертаються в протилежних напрямках або на зустріч

один одному з різними або однаковими коловими швидкостями. Виняток становлять вальцедекові верстати, у яких замість другого вальца встановлена дека» [65].

«Найбільш поширеними є зернові вальцеві млини типу ЗМ, які випускаються в чотирьох модифікаціях, що відрізняються діаметром і довжиною вальців» [65].

«Зерновий млин (верстат) ЗМ (рис. 1.9) складається із станини, двох пар вальців, що мелють, двох пар валиких живильних механізмів, приводних і регулюючих механізмів, щіток або ножів, що очищають вальці, автомата гідрокерування і сигналізації» [65].

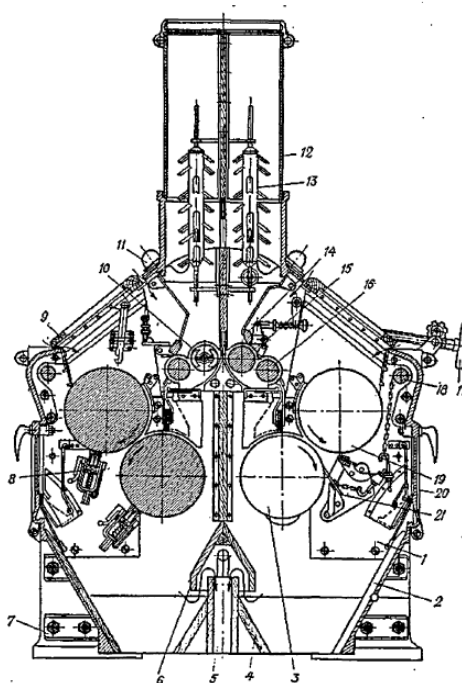


Рисунок 1.9 – Вальцева машина ЗМ

«Дві боковини 1, сполучені стягуваннями 7 з косинцями і похилими стінками 2, утворюють станину. Зверху станина прикрита кришкою, що має в середині циліндровий розтруб, в який вставлений скляний приймальний циліндр (бункер) 12. Похилі стінки станини мають дерев'яну обшивку, що оберігає від конденсації вологи при помелі зерна підвищеної вологості. Для спостереження за роботою живильного механізму передбачені дверцята 9 і 20. В середній частині станини дерев'яні перегородки ділять верстат на дві самостійні частини.

Продовженням перегородки служить двоскатна парасолька 6 аспіраційної шахти 5 і стінки 4 вихідні конуси» [65].

Вальці, що мелють, виготовлені із загартованого чавуну і запресовані з торців сталеві піввісь. У існуючих конструкціях млинів діаметр вальців приймають в межах 250-350 мм [36].

Недоліками вальцових млинів є їх висока метало і енергоємність. Виходячи з аналізу конструкцій машин для подрібнення концентрованих кормів, і відповідно до вимог, що ставляться до подрібнювачів, нами була розроблена конструктивно технологічна схема подрібнювача (рис. 1.10).

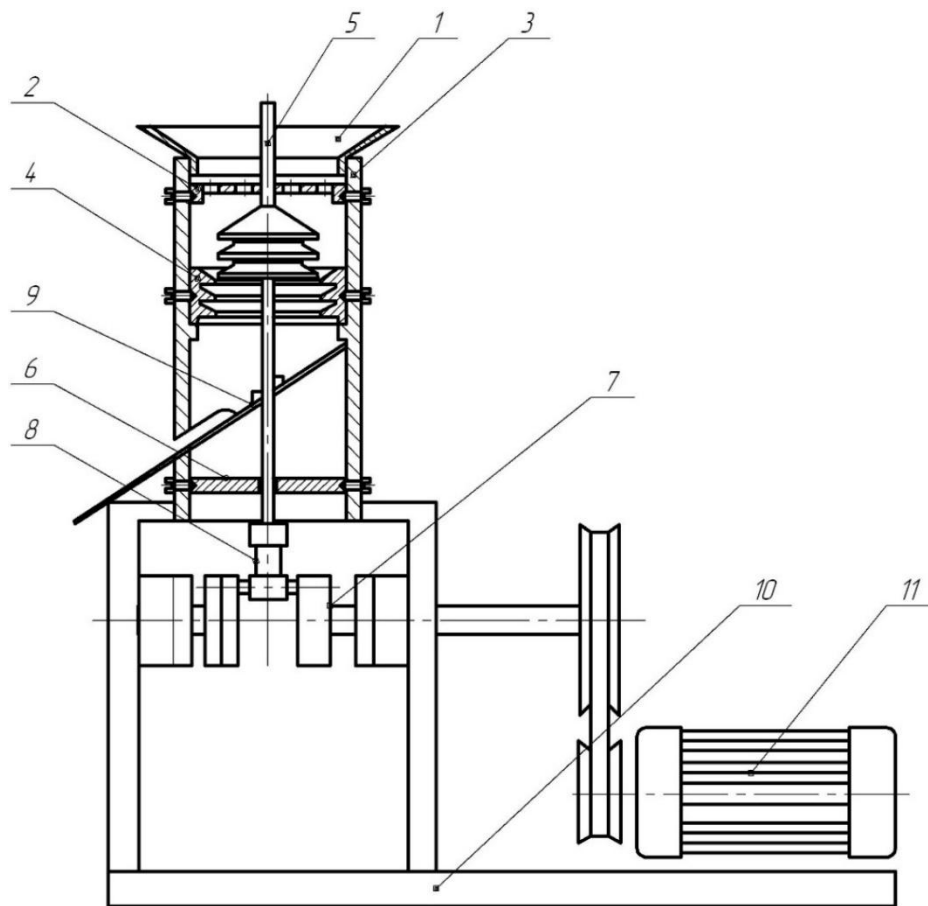


Рисунок 1.10 – Конструктивно технологічна схема подрібнювача концентрованих кормів

Подрібнювач встановлений на станині 10 і складається з корпусу 3, виконаного у вигляді труби. Усередині корпусу розташований нерухомий робочий орган 4 і рухомий робочий орган 5. Рухомий робочий орган 5 здійснює

зворотнопоступальний рух щодо верхньої перфорованої опори 2 і нижньої опори 6, яке перетворюється в обертальний рух колінчастого валу приводу 7 і передається за допомогою шатуна 8 від електродвигуна 11. У верхній частині корпусу знаходиться приймальна горловина 1, в нижній частині похилий піддон 9 для сходу готового продукту.

Технологічний процес подрібнення відбувається таким чином: подрібнюване зерно подається в приймальну горловину 1, звідки проходить через перфоровану опору 2 всередину корпусу 3, далі захоплюється рухомим робочим органом 5 і подрібнюється при взаємодії з нерухомим робочим органом 4. Подрібнене зерно видаляється з подрібнювача по похилому піддону 9.

1.3 Аналіз наукових досліджень по вивченню процесу подрібнення концентрованих кормів

Аналіз наукових досліджень присвячених вивченню процесу подрібнення концентрованих кормів показав, що даний процес є достатньо вивченим. Питанням подрібнення концентрованих кормів присвятили свої праці В.Р. Алешкин, П.А. Афанасьев, М.Е. Гиршин, В. П. Горячкин, М.М. Гернет, В.А. Елісеєв, В.А. Желіговський, К.А. Зворікин, Н.Ф. Ігнат'євський, А.М. Карнов, В.Л. Кирпичев, Ф.С. Цегельників, П.А. Козьмін, Я.Ф. Мартиненко, СВ. Мірошників, Ф.Г. Плохов, п.А. Ребіндер, Н.Е Різник, П.М. Рошин, В.І. Сироватка, Х.А. Рахматулін, А.С. Катаєв, С.Д. Хусид, О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо і ін.

В результаті досліджень [57, 65, 66] встановлено, що робочий процес подрібнювача характеризується наявністю трьох послідовно протікаючих етапів, що відзначають просування матеріалу через робочу камеру:

- 1) подачі сировини (живлення);
- 2) переробки матеріалу в камері (подрібнення);
- 3) відведення готового продукту (евакуація).

У дробильній камері завжди є деяка кількість матеріалу (завантаження камери), частинки якого знаходяться на різних стадіях диспергування. Наявність

циркуляції матеріалу в камері є характерною особливістю дробарок закритого типу, що набули широкого поширення в тваринництві.

Дослідженнями, проведеними В. Р. Алешкиним [1], встановлено, що число ударів, необхідне для досягнення ступеня подрібнення X , будучи також величиною випадковою, має логарифмічно-нормальний розподіл.

Детальніше кінетику подрібнення можна прослідкувати при порційній роботі дробарки, коли матеріал, що поступив, подрібнюється без відведення отриманих частинок з камери. Експериментально можна простежити за збільшенням ступеню подрібнення X (Рис. 1.11) [50].

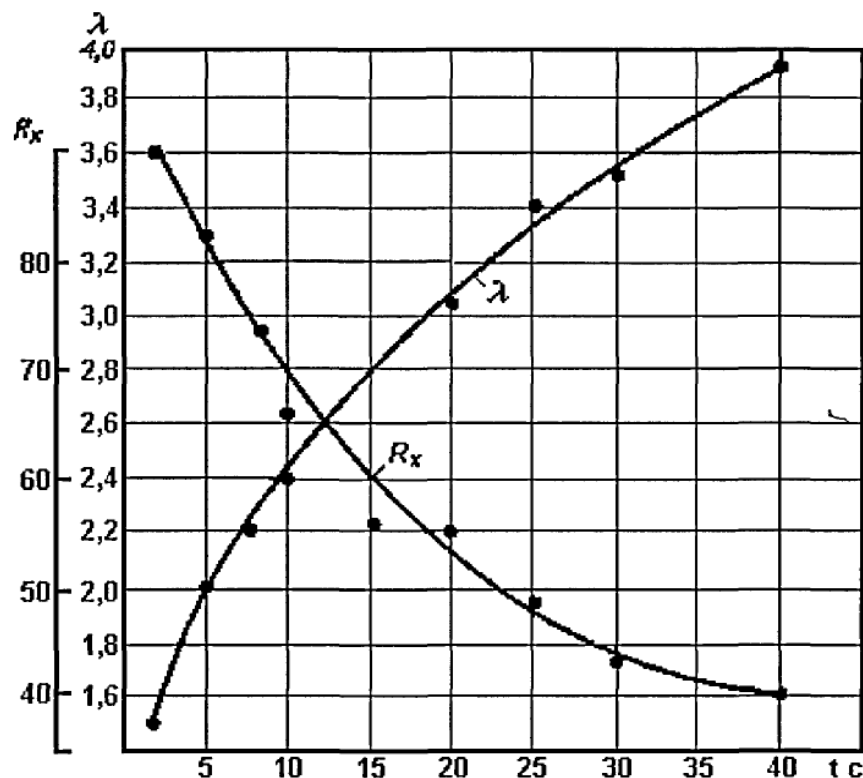


Рисунок 1.11 – Зміна ступеню подрібнення X і сумарного залишку R_x залежно від часу подрібнення t

В цьому випадку процес подрібнення в дробарці можна уподібнити процесу «чистого розмноження» [19]. Вирішення системи імовірнісних диференціальних рівнянь для процесу «чистого розмноження» приводить до виразів

$$\lambda = e^{\alpha \ln(t+1)} \text{ або } \lambda = (t + 1)^\alpha \quad (1.1)$$

де α – параметр процесу;

t – час, с.

Рівняння кінетики (1.1) є математичною моделлю процесу подрібнення матеріалу в дробильній камері, що показують зміну ступеню подрібнення X і сумарний залишок R_x в часі.

Слід зазначити, що при збільшенні ступеня подрібнення питома витрата енергії збільшується, а продуктивність подрібнювача падає.

Враховуючи залежність ступеня подрібнення продукту від кількості ударів по частинці, можна припустити, що подальші дослідження слід вести у напрямі скорочення часу контакту подрібнюваного матеріалу і робочих органів подрібнювача.

1.4 Мета і завдання дослідження

У зв'язку з вищевикладеним, метою справжніх досліджень є обґрунтування режимів процесу подрібнення зерна і параметрів подрібнювача концентрованих кормів для зниження енерговитрат і підвищення якості готового продукту при виробництві розсипних кормосумішей.

Відповідно до мети ставилися наступні завдання досліджень:

- 1) проаналізувати сучасний стан виробництва розсипних комбікормів;
- 2) розробити теоретичні положення по взаємозв'язку режимів процесу і параметрів подрібнювача концентрованих кормів, що відображають особливості подрібнення зерна;
- 3) досліджувати і обґрунтувати конструкційні параметри подрібнювача концентрованих кормів при подрібненні зерна;
- 4) експериментально перевірити теоретичні положення обґрунтування параметрів подрібнювача концентрованих кормів;

1.5 Висновки з розділу

1. В даний час найбільшого поширення набули наступні технології:

1) технологія з використанням розсипних кормосумішей, що включає заготовку силосу, соломи і концентрованих кормів з подальшим приготуванням і роздачею кормових сумішей;

2) технологія з використанням гранульованих і брикетованих кормосумішей, що включає заготовку соломи, концентрованих кормів, переробку зеленої маси природних і сіяних трав з подальшим отриманням гранул і брикетів з метою їх накопичення і зберігання;

2. Технологія приготування розсипних кормосумішей в порівнянні з технологією приготування гранульованих і брикетованих кормів є раціональнішою, оскільки дозволяє виготовляти достатню кількість кормової суміші в необхідний момент часу, не накопичуючи запас кормосуміші, що надалі приводить до втрати поживних речовин корму;

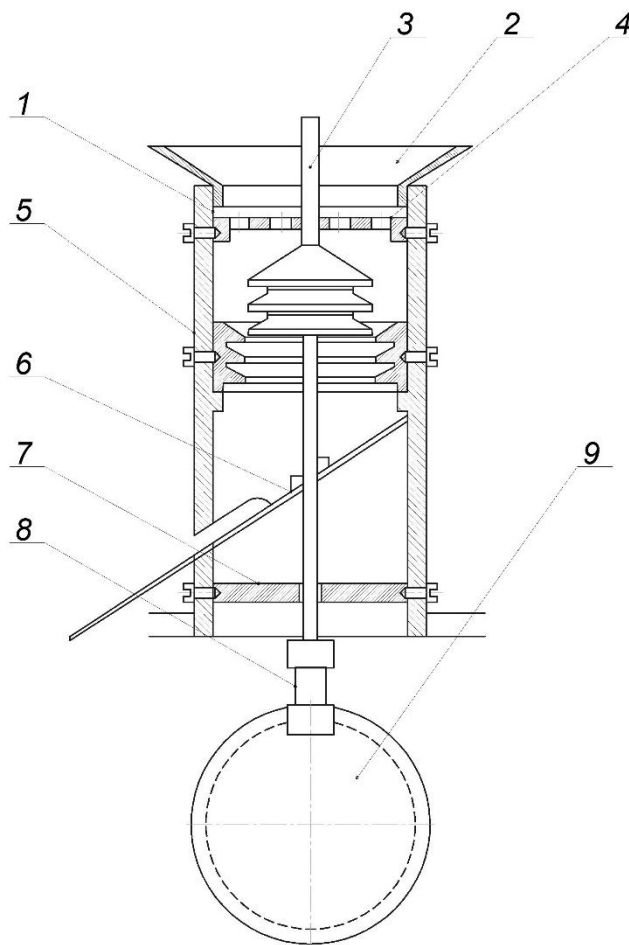
3. В той же час, використовуємі для приготування розсипних кормосумішей подрібнювачі мають високу енерго і металоємність. Низький ресурс робочих органів дробарок також веде до збільшення витрат на виробництво розсипних кормових сумішей.

4. Згідно рівняння (1.1), зміна ступеню подрібнення X залежить від часу знаходження подрібнюваного матеріалу в дробильній камері.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЮВАЧА

2.1 Опис конструкції і принцип дії подрібнювача

Згідно вимог, що ставляться до всіх подрібнюючих машин [9], а саме: швидке видалення подрібненого продукту, рівномірне подрібнення, можливість регулювання ступеня подрібнення, найменше пилевидалення, безперервне і автоматичне розвантаження машини, легка заміна швидкозношуваних деталей машини, найменша питома витрата енергії, нами був розроблений подрібнювач концентрованих кормів (рис. 2.1).



1 – корпус; 2 – бункер; 3 – рухомий робочий орган; 4 – верхня опора; 5 – нерухомий робочий орган; 6 – похилий піддон; 7 – нижня опора; 8 – шатун; 9 – колінчастий вал

Рисунок 2.1 – Схема подрібнювача

Подрібнювач складається з корпусу 1, бункера 2, рухомого робочого органу 3, верхньої опори 4, нерухомого робочого органу 5, похилого піддону 6, нижньої опори 7, шатуна 8 і колінчастого валу 9 робочий процес якого протікає таким чином.

Зерно з бункера 2 через верхню опору 4 потрапляє в корпус 1. Подрібнення відбувається при взаємодії рухомого робочого органу 3 і нерухомого робочого органу 5. Рухомий робочий орган 3 здійснює зворотно-поступальний рух щодо верхньої опори 4 і нижньої опори 7, яка перетворює обертальний рух колінчастого валу 9, переданого за допомогою шатуна 8. Частинки подрібненого продукту по похилому піддону 6 видаляються з подрібнювача.

2.2 Визначення сил які виникають при вході леза в матеріал

При заглибленні леза в шар матеріалу товщиною h (рис. 2.2) на величину $h_{сжс}$, коли на його ріжучій кромці виникає руйнуюча контактна напружка σ_p , починається процес різання [68, 69, 70].

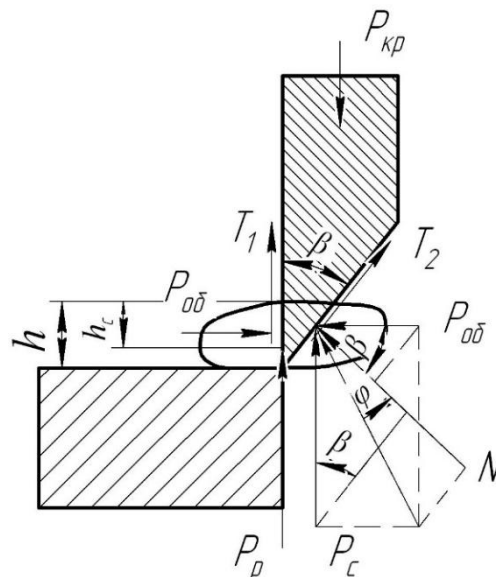


Рисунок 2.2 - Силова взаємодія леза з матеріалом

На ніж діють наступні сили:

P_p – опір руйнуванню матеріалу під кромкою леза, направлене вгору;

$P_{об}$ – сила обтискання матеріалом, має горизонтальний напрям і діють на бічні грані леза, (виникають вони від розширення шару матеріалу, викликаного входженням в нього клину леза);

P_c – опір шару стисненню фаскою леза, направленою вгору.

Значить, на фаску леза діє сила N , що є сумою проєкцій сил $P_{об}$ і P_c на напрям нормалі:

$$N = P_c \cdot \sin\beta + P_{об} \cdot \cos\beta \quad (2.1)$$

Від нормальної сили N на фасці леза виникає сила тертя:

$$T_2 = N \cdot f \quad (2.2)$$

де $f = \operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт тертя маси об матеріал леза;

φ – кут тертя.

Силу N можна виразити через кут тертя:

$$N = \sqrt{P_{об}^2 + P_c^2} \cdot \cos\varphi \quad (2.3)$$

де T_1 – сила тертя виникає на іншій грані леза від сили $P_{обж}$

$$T_1 = P_{об} \cdot f \quad (2.4)$$

Сила T_1 направлена вгору, а T_2 - під кутом нахилу β фаски.

Вертикальна проєкція сили T_2 рівна:

$$T'_2 = T_2 \cdot \cos\beta. \quad (2.5)$$

Підставивши замість N його значення, отримаємо:

$$T'_2 = f \left(P_c \cdot \frac{1}{2} \sin 2\beta + P_{об} \cdot \cos^2 \beta \right) \quad (2.6)$$

У момент початку різання критична сила $P_{кр}$, долає суму всіх сил, що діють у вертикальному напрямі, тобто:

$$P_{кр} \geq P_{рез} + P_c + T_1 + T'_2 \quad (2.7)$$

Силу $P_{рез}$ можна визначити як добуток площі кромки леза $F_{кр}$ на руйнуючу контактну напругу σ_p :

$$P_{рез} = F_{кр} \cdot \sigma_p = \delta \cdot \Delta l \cdot \sigma_p \quad (2.8)$$

де δ – товщина леза, Δl – довжина леза.

Руйнуюча контактна напруга σ_p є параметром, властивим даному виду матеріалу, і визначають його експериментально.

Залежність величин сил P_c і $P_{об}$ що входить у вираз від інших параметрів процесу аналітично можна визначити таким чином

$$P_{кр} = P_{рез} + P_c + T_1 + T_2' \quad (2.9)$$

Розглянемо дію елементарних сил dP_c і $dP_{об}$ на фаску леза при входженні її в шар маси.

Відносне стискання E_c будь-якого в межах фаски на відстані X від вершини леза буде

$$E_c = \frac{h_c}{h} \quad (2.10)$$

Прийmemo для спрощення завдання, що $E_c = \frac{\sigma}{E}$.

Пропорційність витримується тільки для залежності сили P_c від відносного стиснення E_c . Зростання ж напруги $\sigma = \frac{P_c}{F}$ з збільшенням E_c відстає від зростання сили P_c в наслідок того, що з входженням леза в шар за умови

$$h < \frac{b}{tg\beta} \quad (2.11)$$

де b – товщина ножа.

Площа F_x на яких діє сила P_c росте згідно із законом

$$F_x = \Delta l \cdot h_c \cdot tg\beta$$

Якщо силу P_c відносити до площі F_x , то залежність між F_c і σ підкоряється не закону пропорційності, а статичному закону, який застосовується для більшості пружно-в'язких матеріалів [70]. В даному випадку завданням є виявлення закономірності зміни P_c залежно від відносного стиснення E_c , як напругу приймаємо відношення P_c до первинної площі. Вказане допущення в нашому випадку зводиться до того, що у виразі статичній залежності $E_c \cdot E = G^n$, ми приймаємо $n=1$, хоча $n \neq 1$. Тоді елементарну силу стиснення dP_c що діє з боку стовпчика площею dF , довжиною, рівною 1 і шириною dx , можна представити у вигляді:

$$dP_c = E \cdot E_c \cdot dh_c \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (2.12)$$

Підставивши значення $E_{cж}$ тримаємо:

$$dP_c = E \cdot \frac{h_c}{h} \cdot dh_c \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (2.13)$$

Необхідна сила P_c для стиснення шару фаской ножа знаходиться в квадратичній залежності від величини h_c і графічно є квадратичною параболою [71]. Якщо в горизонтальному напрямі відносна деформація рівна E_1 , то елементарна сила обтискання

$$dP_c = E_1 \cdot E \cdot dh_c.$$

Відносну деформацію E_1 в горизонтальному напрямі можна виразити через відносну деформацію у вертикальному напрямі відомою залежністю:

$$E_1 = E_c \cdot \mu \quad (2.15)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона.

Для пружно-в'язких матеріалів, трохи ущільнених, і при невеликій напрузі, яка виникає під тиском фаски леза, $\mu=0,08\dots 0,3$ [70, 72].

Деформації в поперечному напрямі тут поглинаються головним чином за рахунок ущільнення матеріалу в шарі. Підставляючи значення E_c з виразу (2.10) у вираз (2.15), отримаємо

$$E_1 = \mu \frac{h_{cx}}{h} \quad (2.16)$$

Елементарна сила, що діє з боку горизонтального стовпчика

$$dP_{об} = E_1 \cdot E \cdot dh_c = \mu \frac{E}{2} \cdot \frac{h_{cx}^2}{h} \quad (2.17)$$

Сила, що обжимає фаску

$$P_{об} = \mu \frac{E}{2} \cdot \int_0^{h_c} h_{cx} \cdot dh_{cx} = \mu \cdot \frac{E}{2} \cdot \frac{h_{cx}^2}{h} \quad (2.18)$$

Якщо врахувати, що коефіцієнт Пуассона має малі значення можна сказати, що $P_{обж}$ складає незначну частку від величини $P_{сж}$. Підставляючи значення всіх сил протидіючих $P_{кр}$, набудемо значення останньою для леза довжиною $\Delta l=1$:

$$P_{кр} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{f \cdot \mu \cdot E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} + f \cdot \left(\frac{E \cdot h_c}{4h} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin 2\beta + \frac{\mu \cdot E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot \cos^2 \beta \right)$$

або перетворюючи вираз, матимемо:

$$P_{sp} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot [\operatorname{tg} \beta + f \cdot \sin^2 \beta + \mu \cdot (f + \cos^2 \beta)] \quad (2.19)$$

Даний вираз має деякі похибки, обумовлені прийнятими вище допущеннями лінійного зв'язку $\sigma = f(E_c)$ за умови $n \neq 1$ у виразі (2.12) значення зусилля повинно визначатися на наступній підставі:

$$dP_c = \sqrt[n]{\frac{E}{h} \left(h_c - \frac{x}{\operatorname{tg} \beta} \right)} dx \quad (2.20)$$

$$P_c = \int_0^{h_c \operatorname{tg} \beta} \left[\frac{E}{h} \left(h_c - \frac{x}{\operatorname{tg} \beta} \right) \right]^{\frac{1}{n}} dx \quad (2.21)$$

$$P_c = \frac{1}{1 + \frac{1}{n}} \left(\frac{E}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot h_c^{1 + \frac{1}{n}} \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (2.22)$$

Найбільш важливим слідством з виразів (2.12) і (2.22) є те, що зусилля P_c знаходиться в складній залежності від h_c тобто - від величини входження леза в матеріал, при якій на його ріжучій кромці виникає руйнуюча напруга σ_p . Функція $P_c = f(h_c)$ при $n=1$ відповідно до виразів (2.12) і (2.22) являє собою квадратичну параболу, а при $n < 1$ - параболічну криву вищого порядку [70].

2.3 Визначення роботи що витрачається на подрібнення

Дроблення і помел характеризуються ступенем подрібнення λ [15]

$$\lambda = \frac{d_H}{d_k} \quad (2.23)$$

де d_H – діаметр шматка до подрібнення, м;

d_k – діаметр шматка після подрібнення, м.

Теорія подрібнення ґрунтується на двох гіпотезах: об'ємної і поверхневої. Об'ємна теорія була доведена і запропонована в 1874 році В.Л. Кирпічевим [20]. Згідно цієї теорії, витрата енергії на дроблення пропорційна об'єму тіла

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2.24)$$

Робота рівна добутку сили P на деформацію і за законом Гуку пропорційна лінійному розміру l :

$$A = P \cdot \alpha \cdot l \quad (2.25)$$

де α – коефіцієнт пропорційності.

Об'єм тіла пропорційний його розмірам:

$$V = b \cdot l^3 \quad (2.26)$$

де b – коефіцієнт пропорційності.

$$\frac{P_1 \alpha l_1}{P \alpha l_2} = \frac{b l_1^3}{b l_2^3} \quad (2.27)$$

Поверхня матеріалу при дробленні зростає обернено пропорційно до кінцевого розміру шматків d_k , який згідно залежності

$$d_k = \frac{d_H}{\lambda}$$

При однаковій величині шматків отримаємо:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\frac{\lambda_1}{h}}{\frac{\lambda_2}{d_H}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (2.28)$$

тобто робота, витрачена на дроблення, пропорційна ступеню подрібнення матеріалу. Обидві теорії подрібнення доповнюють одна одну. По П. А. Ребіндеру [20] робота, витрачена на дроблення в загальному:

$$A = G \cdot \Delta F + k \cdot \Delta V \quad (2.29)$$

де $G \cdot \Delta F$ – енергія при руйнуванні твердого тіла;

G – питома поверхнева енергія;

ΔF – поверхня, що утворюється при руйнуванні;

$k \cdot \Delta V$ – енергія деформації;

k – робота пружної (і пластичної) деформації на одиницю об'єму;

ΔV – частина об'єму, що піддається деформації.

Як показник питомої енергоємності можна користуватися величиною роботи, витраченої на утворення одиниці знову утвореної поверхні ΔA (Дж/м²).

$$\Delta A = \frac{A}{S_k - S_H}, \quad (2.30)$$

де A – робота, витрачена на подрібнення продукту, Дж;
 S_k, S_H – поверхня тіла після і до деформації, м².

В процесі подрібнення тіло випробовує спочатку пружні і пластичні деформації, а потім при подоланні сил молекулярного зчеплення руйнується, утворюючи частинки з великою сумарною поверхнею. Виходячи з цього, енерговитрати на процес подрібнення A' можуть бути виражені як:

$$A' = A_y + A_s \quad (2.31)$$

де A_y – робота, витрачена на пружні і пластичні деформації, Дж;
 A_s – робота, що витрачається на утворення нових поверхонь, Дж.

Критерієм оцінки ефективності процесу подрібнення може служити коефіцієнт корисної дії η_i .

Робота, що витрачається на подрібнення:

$$A = q \cdot \gamma \cdot V + G \cdot \Delta S \quad (2.32)$$

де q – кількість енергії, накопиченої одиницею об'єму тіла, що деформується до руйнування;
 V – об'єм тіла до деформації, м³;
 γ – коефіцієнт переходу, що показує яка частка об'єму деформується;
 G – руйнуюча напруга подрібнюваного тіла, Дж/м²;
 ΔS – поверхня, знов утворена в процесі подрібнення, м².

Робота подрібнення складається з роботи, що витрачається на пружну і пластичну деформації тіла. У момент руйнування тіла вона частково переходить в теплову енергію роботи, що витрачається на приріст поверхні подрібненого тіла. Чим більше ΔS тим більше A .

Робота, що витрачається на подрібнення продукту різко зростає із збільшенням ступеня подрібнення, тому не слід подрібнювати продукт більш, ніж це потрібно за умовами стандарту. Інакше збільшується витрата енергії на подрібнення і знижується продуктивність машини.

Робота подрібнення визначається по наступній формулі [20], що враховує недоліки поверхневої і об'ємної теорії:

$$A = f(\Delta V) + f(\Delta S), \quad (2.33)$$

де ΔV – об'єм деформованої частини тіла;

ΔS – приріст питомої площі поверхні матеріалу.

Рівняння Ребіндера в розгорненому вигляді можна записати як:

$$A = A_v + A_s = k \cdot \Delta V + a \cdot \Delta S \quad (2.34)$$

де A_v – робота, що витрачається на утворення нових поверхонь;

k – коефіцієнт пропорційності;

a – коефіцієнт пропорційності енергію поверхневого натягу твердого тіла.

З рівняння (2.34), названого основним законом подрібнення витікає, що повна робота рівна сумі робіт, що витрачаються на деформації в частині, що деформується, об'єму руйнованого шматка і на утворення нових поверхонь.

Частина роботи A_v (Дж/кг) і відповідно до закону Кирпічева - Кика оцінимо її по виразу

$$A_v = C_v I g \lambda^3 \quad (2.36)$$

де C_v – коефіцієнт пропорційності, Дж/кг.

Показник ступеня λ умовно залишений під логарифмом, що наочно показує залежність витрат енергії від відношення об'ємів (D^3 і d^3)

Тоді відповідно до закону Ріттінгера [20] її можна оцінити виразом:

$$A_s = \frac{k_s \cdot (\lambda - 1)}{D} \quad (2.37)$$

Якщо врахувати, що розміри початкових шматків зернових кормів, що оцінюються еквівалентними діаметрами зернівки по формулі

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{6V_3}{\pi}} \approx 1,24 \sqrt[3]{V_3} \quad (2.38)$$

змінюються у вузьких межах то можна записати:

$$\frac{k_s}{D\rho} = C_s \quad (2.39)$$

Підставивши рівняння (2.39) в рівняння (2.37) отримаємо:

$$A_s = C_s \cdot (\lambda - 1) \quad (2.40)$$

Прийняті передумови дозволяють представити основний закон подрібнення в наступному вигляді:

$$A_T = A_V + A_s \quad (2.41)$$

$$A_{зм} = C_{np} \cdot A_s \quad (2.42)$$

де A_T – теоретичні витрати роботи, Дж/кг;

$A_{зм}$ – повні (розрахункові) витрати роботи, Дж/кг.

Витрати роботи на подрібнення може бути представлена в кінцевому вигляді:

$$A_{зм} = C_{np} [C_v \cdot \lg \lambda^3 + C_s \cdot (\lambda - 1)] \quad (2.43)$$

Постійний коефіцієнт C_s також має цілком певне фізичне значення – є роботою, що витрачається на утворення нових поверхонь при подрібненні 1 кг зерна.

Формулу (2.43) можна значно спростити, представивши її у вигляді:

$$A_{зм} = C_1 \cdot \lg \lambda^3 + C_2 \cdot (\lambda - 1) \quad (2.44)$$

Робочий орган подрібнювача частину роботи витрачає на взаємодію з шаром подрібнюваного матеріалу що знаходиться в дробильній камері. Тому у вираз (2.44) необхідно додати роботу на взаємодію з шаром матеріалу $A_{диф.шар}$. Для оцінки механічних і конструктивних чинників подрібнення визначимо корисну роботу, яку витрачає робочий орган на взаємодію з циркулюючим в дробильній камері матеріалом масою $M_{ц}$, який подрібнюється за час t

$$A_{диф.шар} = (z \cdot t \cdot n / 60) (M_{ц} V_{отн}^2 / 2), \quad (2.45)$$

де n – частота обертання, хв^{-1} ;

$V_{отн}^2$ – швидкість робочого органу відносно шару, м/с.

Якщо величину завантаження $M_{ц}$ виразити через конструктивні розміри камери, то отримаємо

$$A_{диф.шар} = z \cdot t \cdot n \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot h_{сл} \cdot \rho \cdot \mu_3 \cdot V_{отн}^2 / 120 \quad (2.46)$$

де t – час перебування матеріалу в дробильній камері, с;

D і L – діаметр і довжина барабана, м;

h_{cl} – ширина шару, м;

ρ – щільність, кг/м³;

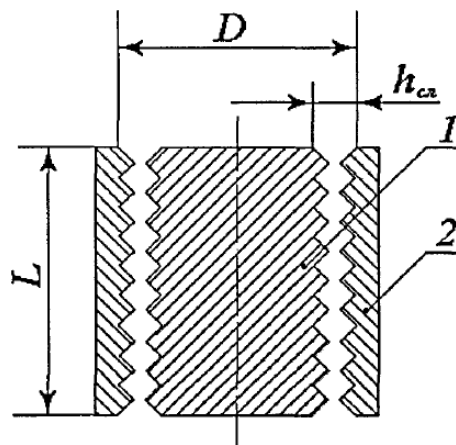
μ_3 – масова частка матеріалу в шарі.

Щоб спростити вираз (2.46) введемо коефіцієнт

$$\psi = z \cdot n \cdot t \cdot \pi \cdot h_{cl} \cdot \rho \cdot \mu \quad (2.47)$$

Тоді остаточний вираз для роботи деформації при ударі по шару матиме вигляд

$$A_{диф.шар.} = \psi \cdot D \cdot L \cdot V_{отн}^2 \quad (2.48)$$



1 – рухомий робочий орган; 2 – нерухомий робочий орган

Рисунок 2.3 – Схема дробильної камери подрібнювача

Отже, енергоємність матеріалу циркулюючого у камері прямо пропорційна квадрату відносної швидкості $V_{отн}$ робочого органу і площі діаметрального перетину DL дробильної камери. Окрім ударної дії робочий орган руйнує частинки матеріалу стиранням. Витрати енергії на стирання можна врахувати ввівши в розрахунок коефіцієнт f_{cl} , опору шару матеріалу просуванню його в зазорі між стінкою дробильної камери і робочим органом. Енергія, що віддається робочим органом подрібнювача на взаємодію з шаром і стирання матеріалу, може бути визначена по формулі

$$A_{диф.шар.} = \psi \cdot D \cdot L \cdot (1 + f_{cl}) \cdot V_{отн}^2 \quad (2.49)$$

у кінцевому вигляді вираз (2.44) прийме наступний вигляд

$$A_{зм} = C_1 l g \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1) + \psi \cdot D \cdot L (1 + f_{сл}) V_{отн}^2 \quad (2.50)$$

2.4 Визначення витрат потужності на подрібнення

Розподіл витрат енергії характеризується рівнянням балансу потужності [8, 9]:

$$N = N_{изм} + N_{ц} + N_{хх} \quad (2.51)$$

де $N_{изм}$ – потужність на руйнування матеріалу, Вт;

$N_{ц}$ – потужність на створення циркуляції матеріалу в камері, Вт;

$N_{хх}$ – потужність холостого ходу, Вт.

Витрата потужності на подолання корисних опорів складає:

$$N_{изм} = Q_p \cdot A_{изм} \quad (2.52)$$

де Q_p – задана продуктивність дробарки, кг/с;

$A_{изм}$ – робота, що витрачається на подрібнення матеріалу і визначається по формулі (2.50)

Потужність $N_{изм}$ може бути виражена через конструктивні параметри дробарки згідно рівнянню:

$$N_{изм} = Q_p [C_1 l g \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1) + \psi \cdot D \cdot L (1 + f_{сл}) V_{отн}^2] \quad (2.53)$$

При цьому продуктивність дробарки приймається пропорційній площі діаметрального перетину DL дробарки.

Витрата потужності на циркуляцію визначатиметься з формули:

$$N_{ц} = k (1 + k_{ц} \cdot \mu_{ц}) \cdot V_{м}^2 \quad (2.54)$$

де $k_{г}$ – досвідчений коефіцієнт, що враховує конструкцію і режим роботи даного подрібнювача;

$k_{ц}$ – кратність циркуляції матеріалу.

Витрата потужності $N_{хх}$ на холостий хід у формулі (2.51) врахований другим доданком цього виразу. Продуктивність установки є одним з важливих показників її роботи, її характеристик [75]:

$$Q_p = \pi D L h_{сл} \rho \mu_c / t \quad (2.55)$$

де t – тривалість перебування матеріалу в камері, тобто час його обробки, с.

З виразу (2.55) виходить, що при вибраному режимі роботи, від якого залежать чисельні значення товщини $h_{сл}$ циркулюючого шару і концентрації $\mu_{ц}$ частинок в ньому, продуктивність дробарки прямо пропорційна площі DL діаметрального перетину подрібнювача.

З урахуванням цього формулу для розрахунку продуктивності подрібнювача можна подати у вигляді

$$Q = k_{изм}DL \quad (2.56)$$

де $k_{изм}$ – коефіцієнт пропорційності, вихід готового продукту з 1 м² площі діаметрального перетину робочої камери подрібнювача.

2.5 Висновки з розділу

1. Отримані вирази для визначення продуктивності подрібнювача і потужності, що витрачається на процес подрібнення зерна (вирази 2.53 і 2.55, 2.56).

2. Аналіз отриманих виразів показує, що продуктивність подрібнювача і потужність потрібна на подрібнення залежить від діаметру робочих органів подрібнювача, швидкості їх руху, необхідного ступеня подрібнення.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Враховуючи зоотехнічні вимоги, що ставляться до комбікормів, на першому етапі було поставлено завдання оцінити отримуваний подрібнений продукт по фізико-механічних властивостях і вплив його на процес роботи і конструкцію установки .

Наступним етапом роботи є розробка найбільш ефективної конструктивно-технологічної схеми подрібнювача концентрованих кормів і створення експериментального зразка, оптимізація його конструктивно-режимних параметрів з метою отримання найбільшої ефективності і стабільності робочого процесу.

З урахуванням поставлених завдань програма досліджень включає:

1. Розробку подрібнювача концентрованих кормів.
2. Проведення експериментальних досліджень і обґрунтування конструктивно-режимних параметрів.
3. Обробку даних, отриманих за наслідками експериментальних досліджень.

3.2 Опис експериментальної установки

Для проведення експериментальних досліджень був розроблений і виготовлений експериментальний зразок подрібнювача концентрованих кормів (зерна), загальний вигляд якого представлений на рис 3.1.

Установка кріпиться на станині. Привід установки здійснюється від асинхронного електродвигуна, що підключений до відповідного щита керування на основі частотного перетворювача Danfoss. Щит керування асинхронним електродвигуном дозволяє змінювати частоту обертання валу приводу подрібнювача.



а



б

а – подрібнювач; б – щит керування асинхронним електродвигуном

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної установки

3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей зерен і гранулометричний склад подрібненого продукту

При дослідженні процесу подрібнення використовувалося зерно пшениці. Основні геометричні розміри зерна приведені в таблиці 3.1 [30].

Таблиця 3.1 – Основні геометричні розміри зерна

Культура	Розміри, мм			ψ
	l	a	b	
Пшениця	4,3 - 8,7	1,7 - 4,1	1,6 - 3,9	0,82 – 0,85
Ячмінь	7,1 - 14,7	2,1 - 5,1	1,5 - 4,6	0,76 – 0,83
Овес	8,1 - 16,7	1,5 - 4,1	1,3 - 3,7	0,64 – 0,77

Примітка: a , b , l – відповідно, ширина, товщина, довжина зерна;

ψ – сферичність зерна, тобто відношення поверхні кулі $F_{ш}$ до поверхні одиничного зерна F_3 .

$$\psi = \frac{F_{\phi}}{F_{\zeta}} \quad (3.1)$$

Основні геометричні розміри зерна, використовуємо як подрібнюваний матеріал при проведенні дослідів, визначалися методом ситового аналізу при допомозі набору сит з різними діаметрами отворів.



Рисунок 3.2 – Набір решіт використовуваних при ситовому аналізі

Проведений ситовий аналіз подрібнюваного зерна показав, що зерно відповідає геометричним розмірам, отриманим Г.А. Егоровим. На підставі зоотехнічних вимог був прийнятий мінімально можливий зазор між робочими органами, який рівний 0,15 мм. Надалі зазор змінювався у бік збільшення через 0,1 мм.

Як чинники, що впливають на процес подрібнення, в подрібнювачі концентрованих кормів, були виділені:

- 1) зазор між робочими органами S , мм;
- 2) частота обертання валу приводу подрібнювача ω , s^{-1} ;
- 3) довжина ходу рухомого робочого органу L , мм;
- 4) кількість протирізів k шт.

Частота обертання змінювалася за допомогою частотного перетворювача Danfoss. Час, за який подрібнювалася партія зерна, замірявся за допомогою секундоміра СОПР-6Т-2-000; проби зерна зважувалися на вагах ВЛТК-500.

Гранулометричний склад подрібненого продукту визначався методом сепарації на наборі решіт (рис. 3.2) з діаметром отворів 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм (ГОСТ 214-83).

3.4 Методика визначення продуктивності подрібнювача

Продуктивність установки визначаємо при різній частоті обертання валу приводу подрібнювача - 90 об/хв, 130 об/хв, 200 об/хв, для з'ясування найбільш оптимальної частоти обертання, при якій якість подрібненого продукту буде якнайкращою. Продуктивність визначаємо при повному подрібненні партії зерна, заміряючи час t подрібнення. Продуктивність (Q , кг/с) визначаємо по формулі:

$$Q = \frac{G}{t}. \quad (3.2)$$

де G – маса партії зерна, кг;

t – час виміру проби, с.

При вимірюванні зовнішнього діаметру рухомого робочого органу і внутрішнього діаметру нерухомого робочого органу, з метою визначення зносу, застосовувалися мікрометр МК і індикаторний нутромір.

3.5 Методика визначення потужності, що витрачається на процес подрібнення

Для визначення питомих витрат енергії заміряємо потужність установки на холостому ході і потужність при сталому режимі роботи за допомогою ватметра К-505.

Визначувана питома витрата енергії по формулі

$$N_{\delta\ddot{a}} = \frac{N_{\delta\delta} - N_{\delta\delta}}{Q} \quad (3.3)$$

де Q – продуктивність подрібнювача, кг/с;

N_{px} – потужність при робочому ході, Вт;

N_{xx} – потужність при холостому ході.

Потужність яка витрачається на процес подрібнення визначається за свідченнями ватметра. Ціна ділення ватметра рівна 20 Вт/ділення.

Розраховуємо потужність по формулі

$$N = 3a \cdot n \cdot \eta \quad (3.4)$$

де a – ціна ділення шкали ватметра;

n – свідчення ватметра;

η – ккд установки.

Мошность, що витрачається безпосередньо на подрібнення, визначають по формулі

$$N = N_{\delta\delta} - N_{\delta\delta} \quad (3.5)$$

Питома потужність знаходиться по формулі

$$N_{\delta\ddot{a}} = \frac{N}{Q} \quad (3.6)$$

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Оцінка впливу параметрів на процес подрібнення

Проведення експериментальних досліджень із застосуванням методів планування і аналізу експерименту є найбільш ефективним методом отримання математичної моделі складного процесу. Експеримент, проведений із застосуванням даних методів, дає значно більше інформації, чим експеримент, заснований на традиційних принципах із встановленням детермінованих залежностей, оскільки вивчаються можливі взаємодії між чинниками експерименту. Окрім цього значно скорочується число дослідів в порівнянні з традиційним методом, збільшується ємкість експерименту за рахунок отримання даних про роль взаємодії різних чинників, оцінюється помилка дослідів, що дозволяє судити про дію чинників з певним рівнем значущості. Аналіз чинників, що впливають на зміну якісні і кількісні показники досліджуваного процесу, показав, що до них відносяться наступні чинники (табл. 4.1): x_1 – зазор між робочими органами (S , мм); x_2 – частота обертання вала приводу подрібнювача (ω , с^{-1}); x_3 – довжина ходу рухомого робочого органу (L , мм); x_4 – кількість протиризів (k , шт).

Таблиця 4.1 – Чинники і рівні їх варіювання

Позначення	Фактори			
	Зазор між робочими органами, S , мм	Частота обертання вала подрібнювача, ω , с^{-1}	Довжина ходу рухомого робочого органу, L , мм	Кількість протиризів, k , шт
	x_1	x_2	x_3	x_4
Верхній рівень (+)	0,35	20,9	100	5
Основний рівень (0)	0,25	13,6	60	3
Нижній рівень (-)	0,15	6,3	20	1

Для обґрунтування оцінки впливу чинників по довжині матриці планування по результатам експерименту були розраховані регресійні рівняння другого порядку (програма Mathematica).

$N = 1,761 - 0,165x_1 - 0,424x_2 - 0,252x_3 + 0,063x_1x_3 + 0,073x_1x_2 + 0,281x_1x_3 - 0,167x_1x_4 + 0,283x_4^2$ (рис. 4.1–4.2);

$K = 6,745 - 0,543x_1 + 0,401x_3 + 0,579x_4 - 0,348x_1x_2 - 0,167x_2x_3 - 0,495x_1^2$ (рис. 4.3–4.4);

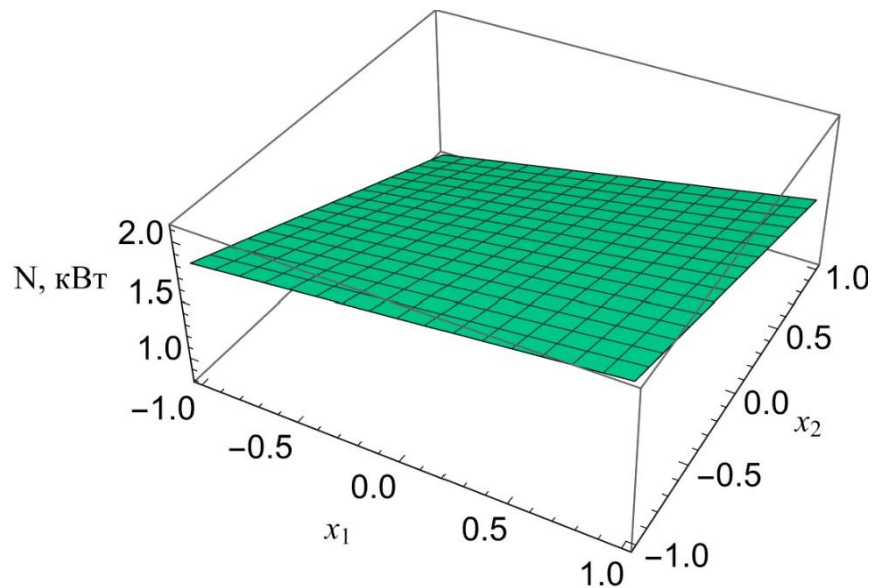


Рисунок 4.1 – Поверхня відгуку питомої потужності N від зазору між робочими органами x_1 і частоти обертання вала подрібнювача x_2 (в закодованому вигляді)

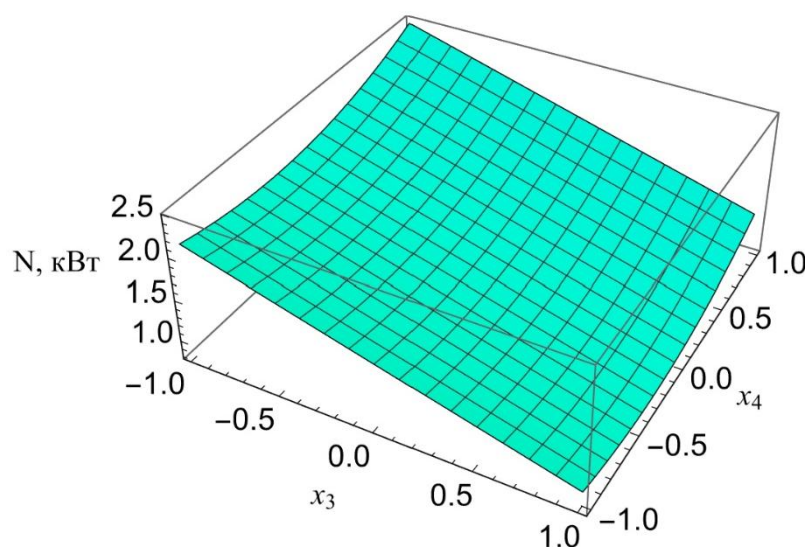


Рисунок 4.2 – Поверхня відгуку питомої потужності N від довжини ходу рухомого робочого органу x_3 і кількості протирізів x_4 (в закодованому вигляді)

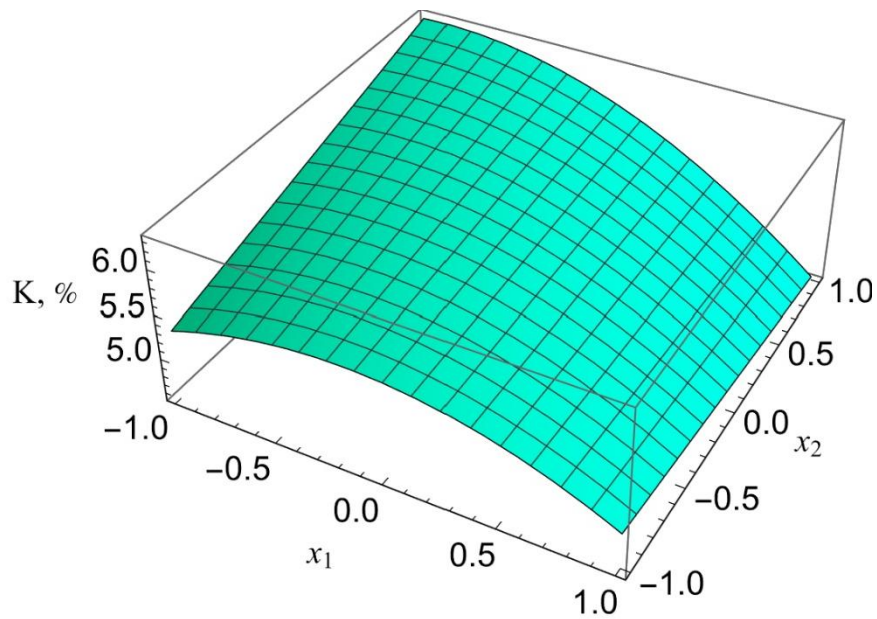


Рисунок 4.3 – Поверхня відгуку кількості пилоподібних фракцій K від зазору між робочими органами x_1 і частоти обертання вала подрібнювача x_2 (в закодованому вигляді)

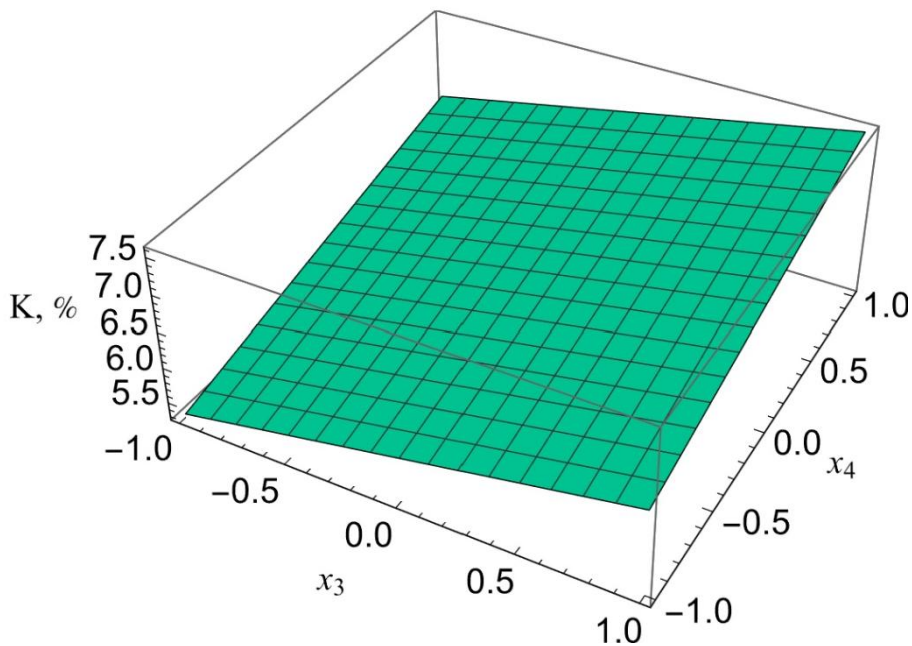


Рисунок 4.4 – Поверхня відгуку кількості пилоподібних фракцій K від довжини ходу рухомого робочого органу x_3 і кількості протирізів x_4 (в закодованому вигляді)

Рівняння після розкодування мають наступний вигляд:

1) для питомої потужності

$$N = 4,65 - 4,71 \cdot S - 0,083 \cdot \omega - 0,024 \cdot L - 0,019 \cdot k + 0,099 \cdot S \cdot \omega + 0,07 \cdot S \cdot L - 0,835 \cdot S \cdot k + 0,071 \cdot k^2$$

2) для кількості пилоподібних фракцій

$$K = 1,923 + 25,77 \cdot S - 0,119 \cdot \omega + 0,01 \cdot L + 0,289 \cdot k - 0,476 \cdot S \cdot \omega - 49,459 \cdot S^2$$

Встановлено, що із збільшенням зазору між робочими органами, частоти обертання валу приводу подрібнювача і довжини ходу рухомого робочого органу, відбувається зниження питомої потужності. При збільшенні зазору між робочими органами подрібнювача і зменшенні довжини ходу рухомого робочого органу і кількості протирізів спостерігається зниження кількості пилоподібних фракцій. Решту експериментів планується проводити в подальшій науковій роботі.

4.2 Визначення ресурсу подрібнювача

З метою визначення ресурсу подрібнювача до проведення експериментальних досліджень були зміряні діаметри робочих органів подрібнювача. Діаметр рухомого робочого органу вимірювався за допомогою мікрометра типу МК з граничною похибкою вимірювання $\pm \lim = 10$ мкм в інтервалі вимірювань від 25 до 50 мм. В ході вимірювання було встановлено, що діаметр рухомого робочого органу (d) рівний 41,42 мм. Нерухомий робочий орган був зміряний за допомогою індикаторного нутроміра з вимірювальною головкою з ціною ділення 0,001 мм з граничною погрішністю вимірювання $A_{ш} = 5,5$ мкм в інтервалі вимірювань від 30 до 50 мм. Діаметр нерухомого робочого органу (D) подрібнювача рівний 41,57 мм.

Отже, зазор між робочими органами ($S_{нач.}$) складає 0,15 мм.

$$S_{нач.} = D - d. \quad (4.1)$$

Матеріал робочих органів подрібнювача — Сталь 45 ГОСТ 1050-74. Для даного матеріалу швидкість зношування (W) складає 3,2-3,4-10 мм/год [63].

В ході попередніх експериментів було встановлено, що якість готового продукту починає погіршуватися за рахунок появи в ній неподрібненого щуплого

зерна при зазорі понад 0,35 мм, отже, настання граничного стану подрібнювача наступить при зазорі $S_{\text{пред}}=0,35$ мм.

Визначимо ресурс подрібнювача T (ч) по формулі:

$$T = \frac{S_{\text{зад}} - S_{\text{доп}}}{W_{\text{н}}} \quad (4.2)$$

де W_c – швидкість зношування дотику, мм/год.

$$W_c = W_{\text{вал}} - W_{\text{отв}}, \quad (4.3)$$

де $W_{\text{вал}}, W_{\text{отв}}$ – відповідно швидкість зношування валу і отвору, мм/год.

Аналіз зносу робочих органів подрібнювача показав, що настання граничного стану, тобто збільшення зазору між робочими органами до граничного наступить через 2941 години роботи подрібнювача.

4.3 Висновки з розділу

1. Розроблена раціональна конструктивно-технологічна схема подрібнювача, що забезпечує високу якість готового продукту за рахунок зниження змісту пилоподібних фракцій до $K = 4,773$ %.

2. Експериментальні дослідження дозволили встановити чинники, що впливають на процес подрібнення зерна, а також визначити їх прийнятні значення, які рівні:

- зазор між робочими органами $S = 0,35$ мм;
- частота обертання валу приводу подрібнювача $\omega = 20,90$ с⁻¹;
- довжина ходу рухомого робочого органу $L = 20$ мм;
- кількість протирізів $k = 2$ шт.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Основні поняття і визначення

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (від 14.08.2021) «охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності» [52].

Згідно ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять» [52]:

«Виробничий ризик – імовірність ушкодження здоров'я працівника в процесі трудової діяльності, нанесення шкоди майну, навколишньому середовищу, яку зумовлено шкідливістю та/чи небезпечністю виробничих і технологічних процесів» [52].

«Небезпечний виробничий чинник – виробничий чинник, вплив якого на людину призводить до травм, погіршення здоров'я чи смерті» [52].

«Шкідливий виробничий чинник – виробничий чинник, вплив якого на людину може призвести до захворювання, зниження працездатності та/чи негативного впливу на здоров'я нащадків. Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації тощо) і тривалості впливу шкідливий виробничий чинник може стати небезпечним» [52].

5.2 Охорона праці при роботі в кормоцеху для термохімічної обробки кормів

Загальні вимоги з охорони праці. «До самостійної роботи в кормоцеху для термохімічної обробки кормів допускаються особи чоловічої статі, які досягли 18-річного віку, що не мають медичних протипоказань, що пройшли:

- відповідну професійну підготовку, у тому числі з питань охорони праці, які мають посвідчення встановленого зразка щодо присвоєння кваліфікаційного розряду;

- пройшли навчання та перевірку знань на 1 групу з електробезпеки;
- попередній при прийомі на роботу та періодичні медичні огляди та визнані придатними за станом здоров'я до роботи;
- вступний та первинний інструктаж на робочому місці;
- стажування та перевірку знань з питань охорони праці».

Робітники проходять повторний інструктаж з охорони праці у строки не рідше одного разу на шість місяців та щорічну перевірку знань з питань охорони праці. Для роботи на варильних котлах та запарниках з тиском більше 0,07 МПа робітники повинні проходити спеціальне навчання та мати допуск до роботи з судинами, що працюють під тиском.

Робочий зобов'язаний:

- дотримуватись Правил внутрішнього трудового розпорядку;
- виконувати лише ту роботу, яка доручена безпосереднім керівником робіт;
- знати та вдосконалювати методи безпечної роботи;
- дотримуватися технології виконання робіт, застосовувати способи, що забезпечують безпеку праці, встановлені в інструкціях з охорони праці, проектах виконання робіт, технологічних картах;
- використовувати інструмент, пристрої, інвентар за призначенням, про їх несправність повідомляти керівника робіт;
- знати відповідно до кваліфікації: технологію приготування кормів; будову та принцип роботи кормозапарників та варильних котлів; методи регулювання режимів роботи; властивості використовуваних матеріалів; вимоги до готових виробів;
- негайно повідомити керівника робіт про будь-яку ситуацію, яка загрожує життю або здоров'ю працюючих та оточуючих, нещасному випадку, що сталося на виробництві;

- за необхідності забезпечувати доставку (супровід) потерпілого до закладу охорони здоров'я;

- дотримуватись правил особистої гігієни.

Робочий повинен бути забезпечений спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (далі – ЗІЗ), відповідно до Типових галузевих норм безкоштовної видачі засобів індивідуального захисту, робітнику мають бути видані наступні ЗІЗ.

На роботах, пов'язаних з використанням хімічних компонентів, додатково: білизною натільною, панчохами або шкарпетками, захисними окулярами та респіратором.

Під час роботи з аміачною водою використовувати шланговий протигаз.

Для захисту ніг від переохолодження на цементній (кам'яній) підлозі у робочих місцях встановлюються дерев'яні ґрати.

«В процесі роботи на робітників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини та механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, що пересуваються, матеріали;
- термічні опіки від пари та гарячої води;
- обвалення, обвали та падіння корму та предметів, включаючи осколки, що відлетіли;

- падіння з висоти;
- занурення у воду, зерно, комбікорм (утоплення);
- хімічні та токсичні речовини, що викликають опіки та отруєння;
- підвищену або знижену температуру повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена чи знижена рухливість повітря;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони;

- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях інструментів та обладнання».

Курити дозволяється лише у спеціально обладнаних місцях. Не допускається куріння у невстановлених місцях та користування відкритим вогнем.

Включають електроінструменти та освітлювальні лампи лише за допомогою пускачів, рубильників. Не дозволяється з'єднувати та роз'єднувати дроти, що знаходяться під напругою.

Вимоги з охорони праці перед початком роботи. «Перед початком роботи необхідно перевірити придатність до експлуатації та застосування засобів індивідуального захисту, прийняти душ і надіти спецодяг та інші захисні засоби.

Підготувати робоче місце, прибрати сторонні предмети та все, що може перешкоджати безпечному виконанню робіт, звільнити проходи та місця складування.

Перевірити комплектність та справність обладнання, пристроїв та інструменту, ефективність роботи вентиляційних систем, місцевого освітлення, засобів колективного захисту (захисного заземлення (занулення) електрообладнання, пристроїв захисних, запобіжних, гальмівних, автоматичного контролю, сигналізації та ін.)».

Підготувати до використання воду, мило, рушник в умивальному приміщенні та питну воду в місцях її роздачі.

Перевіритися в наявності та комплектності аптечки першої допомоги.

При змінній роботі прийняти робоче місце від змінника. Переконайтесь у справності машин, інструментів, обладнання. Ручки інструменту, кошиків, цебер і т.д. повинні бути цілими, без задирок та гострих частин. Не допускається до використання тара з цвяхами, кінцями дроту, зламами дощок.

Оглянути можливі місця протікання хімрозчину (штуцера, крани, вентиля, люки). Усувати витік аміачної води з ємності слід лише у протигазах.

Перевірити роботу вентиляції у приміщеннях термохімічної обробки соломи та приготування хімрозчину.

У приміщенні приготування робочого хімічного розчину аміачної води повинна бути тільки ємність з 2-3%-ю аміачною водою.

Ємність з технологічним запасом 20-25%-ої аміачної води встановлюється поза приміщенням з підвітряної сторони. У приміщенні приготування робочого хімічного розчину забороняється користуватися відкритим вогнем, курити.

«Виявлені порушення вимог щодо охорони праці повинні бути усунені до початку робіт. При неможливості виконати порушення робітник зобов'язаний повідомити про недоліки у забезпеченні охорони праці керівнику робіт та до їх усунення на роботу не приступати».

Вимоги з охорони праці при виконанні роботи. «Робочі повинні утримувати в чистоті спецодяг і тіло, коротко підрізати нігті. Відпочивати, приймати їжу, питну воду, відправляти природні потреби під час встановлених перерв у спеціально відведених для цього місцях. Перед їдою зняти санітарний одяг, ретельно вимити руки та обличчя теплою водою з милом, прополоскати рот».

«Перед пуском у роботу обладнання кормоцеху необхідно переконатися в тому, що на ньому не проводяться будь-які роботи, та подати встановлений сигнал. Пустити машини на неодруженому ході».

«Подавати корм у машину треба поступово. Слідкувати, щоб у машину разом із кормом не потрапили каміння, палиці та інші сторонні предмети».

«Проштовхувати корм під пресуючий барабан або горловину приймального бункера працюючої машини тільки за допомогою проштовхувача з ручкою довжиною не менше 1 м».

«Не стояти і не проходити під піднятим вантажем або у місцях можливого падіння предметів. При відкритті бортів кузова транспортного засобу (автомобіля, причепа тощо) переконатися у безпечному розташуванні вантажу та людей».

«При ручному перенесенні вантажів дотримуватися граничних норм переміщення тяжкості».

«Скляну тару з агресивними рідинами переміщати у міцних кошиках із двома ручками».

«При розборі гарячої води, агресивних рідин уникати їх розбризкування, переносити в тарі з кришкою, що закривається, користуватися засобами захисту (окуляри, рукавиці, фартух, чоботи, протигаз)».

«Ремонт, огляд та очищення зсередини закритих ємностей, а також зварювальні роботи в кормоцеху проводяться спеціально навченим персоналом на підставі наряду-допуску».

«Ремонт електрифікованих установок провадиться при повному їх відключенні тільки електротехнічним персоналом з відповідною кваліфікацією та допуском».

Ремонтоване обладнання має бути відключено від джерела живлення, трубопроводи, заглушки, засувки закриті, на засобах управління вивішують таблички "Не включати – працюють люди".

«Ремонт та огляд порожньої ємності, трубопроводів та всієї арматури для аміачних розчинів виробляють фахівці, які знають правила поводження з аміаком, аміачною водою та атестовані».

«Перед виконанням роботи з внутрішнього огляду та ремонту резервуару та арматури з-під аміачної води необхідно:

- відключити (зняти або заглушити) всі трубопроводи, у яких може бути аміачна вода або пари аміаку;
- резервуар випорожнити, бруд та інші домішки ретельно змити;
- після рясного промивання залишки парів аміаку з резервуарів видалити продуванням водяною парою або повітрям, що подається в нижню частину резервуара при відкритому верхньому люку;
- перевірити відсутність парів аміаку газоаналізатором».

Вимоги з охорони праці з кінця роботи. «Після закінчення роботи кормоцеху відключити електроживлення систем управління, перекрити парову магістраль, подачу палива, хімрозчину. Устаткування звільнити від залишків кормів, з мийних машин злити воду. Переконалися у відсутності вогню та високих температур на частинах обладнання».

«Обладнання, що працює під тиском, перевірити наявність залишкового тиску за показаннями приладів».

«Приміщення для дроблення кормів очистити від пилу та провентилювати».

«Приміщення кормоцеху очистити від залишків кормів. Вологу або слизьку підлогу посипати тирсою, шлаком, піском та іншими матеріалами, які потім видалити».

«По закінченні роботи зробити запис у журналі обліку роботи про стан обладнання та передачу зміни. Повідомити змінника або керівника робіт про особливості або недоліки в роботі обладнання».

Вимоги з охорони праці в аварійних ситуаціях. «При виникненні аварійних ситуацій обслуговуючий персонал повинен негайно вжити заходів щодо зупинення обладнання кормоцеху у порядку, передбаченому правилами експлуатації, насамперед відключивши подачу електроенергії, пари, води, хімічного розчину».

«За відсутності небезпеки для здоров'я та життя персонал зобов'язаний вжити необхідних заходів для локалізації та усунення можливостей розвитку аварійної ситуації. При наявності небезпеки залишити небезпечну зону, попередивши працюючих, що знаходяться в безпосередній близькості від неї».

«При нещасних випадках у першу чергу усувається небезпечний фактор (перекривається подача пари, хімічного розчину, відключається електроенергія, зупиняються механізми обладнання, що рухаються, тощо), потім надати потерпілому першу (довлікарську) допомогу та направити її до медичного пункту. По можливості зберегти до розслідування на робочому місці обстановку та стан обладнання такими, якими вони були на момент події (якщо це не загрожує життю та здоров'ю оточуючих та не порушує безперервності технологічного процесу)».

«У всіх випадках травми або раптового захворювання необхідно викликати на місце події медичних працівників, за неможливості – доставити потерпілого до найближчої організації охорони здоров'я».

5.3 Небезпечні фактори при експлуатації розробленого подрібнювача

Реальні виробничі умови характеризуються наявністю небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Тому особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню вимог виробничої санітарії, техніки безпеки, електробезпеки під час виконання різного виду робіт.

Розроблений подрібнювач концентрованих кормів відповідає ГОСТ 12.2.042-91 (Машина та обладнання для тваринництва та кормовиробництва. Загальні вимоги безпеки).

Застосування такого подрібнювача за умов фермерського господарства має низку недоліків. Це підвищений рівень звуку на робочому місці, що обумовлено великими оборотами, а також застосуванням зубчастих передач, що негативно позначається на працездатності та стан здоров'я людини, яка обслуговує цю машину. Застосування електричного приводу спричиняє небезпеку ураження електричним струмом. Наявність кількох передач, як і збільшує ймовірність травматизму.

Під час створення подрібнювача концентрованих кормів ці чинники було враховано. Було знижено частоту обертання робочих органів, що знизило шумовий ефект на робочому місці.

Привід робочих органів здійснено від двигуна 4АМх90L6У3 потужністю 1,5 кВт із частотою обертання 940 хв-1 ГОСТ 183-74, через запобіжну муфту та редуктор типу 4с-80 масою 17 кг із передавальним числом $i = 12,5$.

Небезпечними факторами в цьому подрібнювачі є механічний та електричний. Робочі органи і деталі, що обертаються, відносяться до механічного фактору. Надійність робочих органів та деталей підтверджується розрахунками міцності в даній записці. Запобіжна муфта ГОСТ 12.2.062-81 (Обладнання, виробнича захисна огорожа) пофарбована в червоне світло і огорожена захисним кожухом. Передбачено затуплення кромки та гострих задирок з метою попередження травматизму при ремонті та технічному обслуговуванні машини.

Всі робочі органи прикриті зверху бункерами, а знизу скосами так, що забезпечують безпеку при роботі на подрібнювачі. Металеві частини подрібнювача, корпус електродвигуна та рама, занулюються шляхом приєднання корпусу електродвигуна до нульового дроту, а також заземлюються шляхом приєднання до загального контуру заземлення ферми.

Заземлення виконується відповідно до ГОСТ12.1.019-79 (Електробезпека). Пульт керування подрібнювача розташований зручно. Електродвигун з'єднується з електромережею через кабель з гумовою ізоляцією та гумовою оболонкою марки АНРГ-2 та вимикач ПМЕ-211 відповідно до ГОСТ 12.1.019-79.

5.4 Перелік дій в надзвичайних ситуаціях при використанні подрібнювача в кормоцеху

Всі працівники кормоцеху, повинні знати і неухильно виконувати вимоги Інструкцій, які передбачені охороною праці. За недотримання вимог, персонал кормоцеху може бути притягнутий до адміністративної відповідальності.

«Інформація про загрозу та виникнення надзвичайної ситуації підприємства, установи, організації може бути отримана шляхом:

- від адміністрації потенційно небезпечного об'єкта, у зоні можливої шкоди від наслідків аварії, в якій знаходиться підприємство – по телефону та за допомогою вуличних гучномовців;

- від мереж республіканського, регіонального та місцевого радіо та телебачення та інших технічних засобів передачі (відображення) інформації, після попереджувального сигналу «ВСІМ УВАГА!». При отриманні повідомлення про загрозу надзвичайній ситуації спільно з заходами, запропонованими у повідомленні органів виконавчої влади, підготувати систему управління:

- оповіщення та збирання керівництва та особового складу аварійної комісії, відповідальних за евакуацію;

- перевірено та підготовлено систему зв'язку, уточнено порядок взаємодії з відповідними органами місцевої державної адміністрації, спеціалізованими службами та силами цивільної оборони постійної готовності;

- чергують члени аварійної комісії;

- уточнюються розрахунки з охорони особового складу та порядок забезпечення заходів та заходів цивільного захисту».

У робочий час персонал господарюючого суб'єкта (об'єкта) повідомляється про позаштатну ситуацію черговим (секретарем) за внутрішньою системою гучномовного зв'язку та зв'язку (за наявності). У разі несправності або відсутності внутрішньої звукової системи оповіщення здійснюється внутрішніми телефонами.

Секретар (черговий) об'єкта, який негайно повідомляє про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації та прогноз її розвитку безпосередньо керівнику суб'єкта або особі, яка його замінює.

«Охоронець інформує керівника суб'єкта господарювання у неробочий час по телефону. Залежно від ситуації керівник приймає рішення інформувати інших працівників (за списком посадових осіб із зазначенням їхньої домашньої адреси, робочого та домашнього телефонів)».

«Кожен співробітник компанії повинен знати сигнали цивільного захисту та вміти правильно діяти у разі виникнення загроз та надзвичайних ситуацій».

«У разі виявлення ознак займання (горіння) кожен працівник суб'єкта господарювання зобов'язаний негайно повідомити про це керівника або відповідної уповноваженої посадової особи та (або) чергової посадової особи суб'єкта господарювання».

«Керівник суб'єкта господарювання (черговий) зобов'язаний негайно повідомити про пожежу за телефоном 101».

«Однак слід назвати:

- місце знаходження суб'єкта господарювання, вказати поверховість будинку, місце загоряння, обстановку з пожежею, наявність людей та вказати своє прізвище;

- вжити (по можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі первинними засобами пожежогасіння та збереження матеріальних цінностей;

- за необхідності викликати інші рятувальні служби».

«Посадова особа об'єкта, яка прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана оперативно-рятувальна служба цивільного захисту (повторюються повідомлення), довести подію до відома власника підприємства;

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх порятунок (евакуацію), використовуючи наявні сили та засоби;

- вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не мають відношення до пожежі;

- припинити роботу в будинку (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі;

- здійснювати при необхідності відключення електроенергії (крім систем протипожежного захисту), зупинку транспортних пристроїв, агрегатів, приладів, перекриття сирих, газових, парових і водяних комунікацій, зупинку вентиляційних систем в аварійному та прилеглому захисті приміщення) та проводити інші заходи щодо запобігання пожежі та задимлення в будинку;

- перевірити включення пожежної сигналізації, систем пожежогасіння, протидимного захисту;

- організувати збори підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху до входу в пожежу та в установці обладнання на зовнішніх джерелах водопостачання;

- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію та охорону матеріальних цінностей;

- забезпечити дотримання правил охорони праці працівниками, залученими до гасіння пожежі».

«Після прибуття на пожежу пожежно-рятувальних підрозділів черговий забезпечує їх зустріч та безперешкодний доступ на територію об'єкта, крім випадків, коли чинним законодавством встановлено особливий порядок допуску».

«Після прибуття пожежно-рятувальних підрозділів адміністрація та особовий склад підприємства, будівлі чи споруди зобов'язані брати участь у консультуванні начальника пожежної охорони щодо конструктивно-технологічних особливостей об'єкта, де виникла пожежа, прилеглих будівель та пристроїв, залучення сил і засобів до заходів з ліквідації пожежі та запобігання її поширенню».

5.5 Висновки з розділу

Приведені найважливіші етапи забезпечення охорони праці при роботі в кормоцеху для термохімічної обробки кормів. Розглянуті небезпечні фактори при експлуатації розробленого подрібнювача. Наведено перелік дій в надзвичайних ситуаціях при використанні подрібнювача в кормоцеху.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ

6.1 Розрахунок економічних показників

Для порівняння проектової і базової ліній приготування кормів проведемо на прикладі свиновідгодівельної ферми на 1000 голів. Середньодобова потреба в комбікормах становить 2,1 кг на голову за добу. Тому річна потреба в комбікормах: $365 \cdot 2,1 \cdot 1000 = 766500$ кг = 766 т.

Для **проектного** варіанту передбачено використання розробленого подрібнювача кормів в якості основного засобу подрібнення. Згідно результатів досліджень: продуктивність дорівнює 0,6 т/год., а потужність, що споживається – 2,3 кВт.

Базовий варіант подрібнення кормів виконується на зернодробарці ДТЗ КР-20С. Продуктивність – 0,6 т/год., а потужність, що споживається – 5 кВт.

Річний економічний ефект (E_p) визначався, як різниця приведених витрат за варіантами:

$$E_p = [(C_{пб} + E_{\sigma} \cdot K_{пб}) - (C_{пн} + E_n \cdot K_{пн}) + D] \cdot Q_n, \quad (6.1)$$

де $C_{пб}$, $C_{пн}$ – питомі експлуатаційні витрати на одиницю продукції при базовому і проектному варіантах, грн.;

$K_{пб}$, $K_{пн}$ – питомі капітальні вкладення по тих же варіантах, грн.;

E_{σ} , E_n – нормативні коефіцієнти ефективності капітальних вкладень;

D – додатковий чистий прибуток за рахунок збільшення кількості продукції;

Q_n – річний обсяг роботи.

Нижня межа ціни розраховується за формулою:

$$C_{нм} = C + P_n, \quad (6.2)$$

де P_n – нормативний прибуток, грн.

$$\Pi_H = \frac{P_C \cdot C}{100}, \quad (6.3)$$

де P_C – галузева нормативна рентабельність, $P_C = 7 \%$.

Лімітна ціна (галузева) складає:

$$Ц_{л} = B \cdot Ц_{нм}, \quad (6.4)$$

де B – коефіцієнт підвищення вартості, пов'язаний зі збільшенням витрат на виробництво продукції за її не серійності, $B = 1,1 \dots 1,25$.

Витрати на оплату праці:

$$З = \frac{\sum N_i \tau_i k_d}{W_{зч}}, \quad (6.5)$$

де N_i – кількість і-го обслуговуючого персоналу, люд.;

τ_i – годинна ставка оплати по відповідному розряду, грн./год.;

k_d – коефіцієнт, що враховує різні доплати.

Питомі витрати електроенергії:

$$q = \frac{G_T}{W_{еч}}, \quad (6.6)$$

де G_T – годинна витрата електроенергії, кВт/год.

Витрати на електроенергію:

$$\Pi = q \cdot Ц, \quad (6.7)$$

де $Ц$ – ціна одного кВт електроенергії, грн.

Витрати на реновацію, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання:

$$P_M = \frac{B_M (v_{рм} + v_{тм})}{W_{еч} T_{зм}}, \quad (6.8)$$

де B_M – балансова вартість машини, грн.;

$v_{рм}$, $v_{тм}$ – коефіцієнти відрахувань на реновацію, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання машини;

$T_{зм}$ – нормативне річне завантаження машини, год.

Витрати на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання машини:

$$P_m = \frac{B_m (\epsilon_{pm} + \epsilon_{km} + \epsilon_{mm})}{W_{ec} T_{zm}}, \quad (6.9)$$

де B_T – балансова вартість машини, грн.;

$V_{рт}, V_{кт}, V_{тт}$ – коефіцієнти відрахувань на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання машини;

$T_{зт}$ – нормативне річне завантаження, год.

Питомі капітальні вкладення:

$$K = \frac{B}{W_{ec} \cdot T_z}, \quad (6.10)$$

Розрахунок економічних показників та економічної ефективності наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Економічні показники

Показники	Варіанти	
	Базовий	Проектний
Річний об'єм робіт, т.	766	766
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т.	991,0	919,7
в тому числі:		
- витрати на електроенергію	225,0	148,5
- заробітна плата з нарахуваннями	686,0	686,0
- ремонт та ТО	39,4	42,0
- амортизація	39,4	42,0
Прямі річні експлуатаційні витрати, грн.	722700,0	670651,0
Додаткові капіталовкладення, грн.	-	12800,0
Капіталовкладення, грн.	192000,0	204800,0
Строк окупності додаткових капіталовкладень, років	-	0,34
Питомий річний економічний ефект, грн./т	-	71,3

6.2 Висновки з розділу

Економічні показники розробленого подрібнювача в порівнянні з ДТЗ КР-20С дають змогу зробити висновки, що розроблений подрібнювач містить несе більші капіталовкладення. Однак експлуатаційні витрати для розробленого подрібнювача менші, ніж для існуючого. За рахунок цього питомий річний економічний ефект – 71,3 грн./т, строк окупності – 0,34 роки.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз технологічних ліній подрібнення зерна показав, що використовуюемі в їх складі подрібнювачі мають високу енерго і металоємність, при цьому вміст пилоподібних частинок в готовому продукті досягає 20 %, робочі органи мають високу частоту обертання, що є підвищеною небезпекою для обслуговуючого персоналу.

2. Теоретичні дослідження робочого процесу подрібнювача дозволили визначити напрям подальших досліджень процесу подрібнення концентрованих кормів з метою оптимізації конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача концентрованих кормів. Отримані вирази для визначення продуктивності подрібнювача і потужності, що витрачається на процес подрібнення зерна (вирази 2.53 і 2.55, 2.56). Аналіз отриманих виразів показує, що продуктивність подрібнювача і потужність потрібна на подрібнення залежить від діаметру робочих органів подрібнювача, швидкості їх руху, необхідного ступеня подрібнення

3. Розроблена раціональна конструктивно-технологічна схема подрібнювача, що забезпечує високу якість готового продукту за рахунок зниження змісту пилоподібних фракцій до $K = 4,773$ %.

4. Експериментальні дослідження дозволили встановити чинники, що впливають на процес подрібнення зерна, а також визначити їх прийнятні значення, які рівні:

- зазор між робочими органами $S = 0,35$ мм;
- частота обертання валу приводу подрібнювача $\omega = 20,90$ с⁻¹;
- довжина ходу рухомого робочого органу $L = 20$ мм;
- кількість протирізів $k = 2$ шт.

5. Приведені найважливіші етапи забезпечення охорони праці при роботі в кормоцеху для термохімічної обробки кормів. Розглянуті небезпечні фактори при експлуатації розробленого подрібнювача. Наведено перелік дій в надзвичайних ситуаціях при використанні подрібнювача в кормоцеху.

6. Економічні показники розробленого подрібнювача в порівнянні з ДТЗ КР-20С дають змогу зробити висновки, що розроблений подрібнювач містить несе більші капіталовкладення. Однак експлуатаційні витрати для розробленого подрібнювача менші, ніж для існуючого. За рахунок цього питомий річний економічний ефект – 71,3 грн./т, строк окупності – 0,34 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1973..
2. Мысик А.Т., Нетек А.И., Козловский В.Г. Свиноводство. М. : Колос, 1984. 408 с.
3. Свиноводство [Интернет ресурс]. ЧАО "Агро-Союз". Сайт Холдинга "Агро-Союз", 2013. Режим постоянного доступа: <http://modelagro.com/svinov/>.
4. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Машиновикористання в тваринництві». Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. 179 с.
5. Подобед Л. И. Растительные кормовые добавки - прошлое, настоящее, будущее [Текст, табл.] / [Электронный ресурс] Персональный сайт Л. И. Подобеда, © 2009-2012. – Режим постоянного доступа к статье: http://podobed.org/rastitelnye_kormovye_dobavki.html.
6. Сницарь А. Сухая пивная дробина компонент комбикормов для поросят / А. Сницарь, А. Яхин и др. // Свиноводство, 2004. – № 2. – С. 10-12.
7. Колесник А.Л., Шаманский В.Г. Курсовое и дипломное проектирование. М.: Колос, 1983. 320 с.
8. Чернятьев Н.А. Разработка и исследование мобильного технического средства для измельчения, смешивания, раздачи грубых и сочных кормов. Научно-технический прогресс в области механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 55-летию образования УП «БелНИИМСХ»: В 2-х т. Минск, УП «БелНИИМСХ», 2002. Т. 2. 250 с.
9. Механизация и электрификация животноводства / Под ред. А.А. Аверкиева. М.: Агропромиздат, 1987. 480 с.
10. Резник Н.Е. Силосоуборочные комбайны. М.: Машиностроение, 1964. 316 с.

11. Коварский В. Подготовка кормов к скармливанию // Сельское хозяйство Молдавии.- 1971.- № 11.
12. Система кормления свиней пастообразными и жидкими кормами // Свиноводство. - 1975. - № 8.
13. Korhonen H. Growth, body composition and fur quality of farmed mink and polecats on brewers mash and basal diets / H. Korhonen, M. Harri // J. Anim. Physiol. Anim. Nutrit, 1998. – V.59. – № 2. – P.107-112.
14. Луц П. М. Технологічні вимоги до процесу виробництва консервованого корму з пивної дробини (продовженого терміну зберігання) / П. М. Луц, О. О. Троїцька // Зб. наук. праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 12. – Т.1. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – 246 с.
15. Денщиков М.Т. Использование отходов пищевой промышленности [Текст] / М. Т. Денщиков. – М. : Пищевая промышленность, 1959. – 149 с.
16. Burgkart M., Mendel G., Sattes R. Und Wallner F. Einsatz von Bierschrot bei der Lämmermast. Der Bayerische Schafhalter. – 1986. – Т. 10. – № 4. – S. 102-103.
17. Назаров С.И., Шаршунов В.А., Бобер О.А. Усовершенствованный измельчитель-смеситель кормов. Тракторы и сельхозмашины. 1989. № 5. С. 39-40.
18. Бабич А.А. Качество и переваримость питательных веществ силоса из зерна кукурузы восковой спелости при разной степени измельчения. Республиканский межведомственный тематический научный сборник «Корма и кормопроизводство». Киев: Урожай. 1990. С. 126-132.
19. Maertens L., Salifou E. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits // World Rabbit Sc. – 1997. – V.5. – № 4. – P.161-165.
20. Korhonen H. Growth, body composition and fur quality of farmed mink and polecats on brewers mash and basal diets / H. Korhonen, M. Harri // J. Anim. Physiol. Anim. Nutrit, 1998. – V.59. – № 2. – P.107-112.
21. Касаткина, А. Н. Дробина как сырье для получения белково-углеводных кормовых добавок и препаратов с пробиотическими свойствами / А.

Н. Касаткина, Г. А. Егерова // Материалы VI международной научной конференции студентов и молодых ученых «Живые системы и биологическая безопасность населения», 15-16 ноября 2007 г. – М : МГУПБ, 2007. – С.17-18.

22. Гайнетдинов М. Ф. Рациональное использование отходов пищевой промышленности в животноводстве / М. Ф. Гайнетдинов. – М. : Россельхозиздат, 1978. – 199 с.

23. Источники пищевого белка / Пер. с англ. Н.И. Яковлевой; под. ред. и с предисл. В. Н. Сойфера. – М. : Колос, 1979. – С. 32-54.

24. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М.: «Машиностроение», 1975. 311 с.

25. Шевченко І.А. Теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів віджи-мної насадки двогвинтового пресу для зневоднення пивної дробини / І.А. Шевченко, П.М. Луц // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – Вип.1(7). – С. 16-28. – ISSN 2075-1591.

26. Безпалов Р.І. Критеріальна модель процесу зневоднення пивної дробини / Р.І. Безпалов, П.М. Луц // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: Зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2010. – Вип.1(5,6). – С. 277-282. – ISSN 2075-1591.

27. Луц П. М. Результати експериментальних досліджень процесу віджимання пивної дробини двогвинтовим пресом / П. М. Луц, Е. Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – Вип.2(8). – С. 205-213. – ISSN 2075-1591.

28. Безпалов Р. І. Результати досліджень процесу консервування пивної дробини на кормові цілі у плівкових рукавах / Р. І. Безпалов, О. О. Троїцька, П. М. Луц // Зб. наук. праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т. 4. – С. 156-164.

29. Консервирование пивной дробини / В. Большаков, И. Никонов, В. Солдатова, Л. Лаптев // Животноводство России, 2008. – № 3. – С. 66-67.

30. Пелевина Г. Пивная дробина в рационе свиней / Г. Пелевина // Свиноводство, 2007. – № 4. – С. 18-20.
31. Кирилов М. Пивная дробина и пробиотик в рационах свиней / М. Кирилов и др. // Свиноферма, 2006. – № 9. – С. 27-28.
32. Калошина Е. Н. Ресурсосберегающие технологии получения кормопродуктов на базе вторичного сырья спиртового и пивоваренного производств // Ефективні корми та годівля, 2007. – № 4. – С. 32-38.
33. Алексанян И. Ю. Исследование процесса сушки при утилизации отходов спиртового и пивного производств / И. Ю. Алексанян, Ю. А. Максименко // Известия вузов. Пищевая технология, 2004. – № 4. – С.59-62.
34. Mark L. Wahlberg Alternative Feedsfor Beef Cattle [Текст] / L. Mark // [Электронный ресурс] Режим постоянного доступа к статье. – <http://pubs.ext.vt.edu/400/400-230/400-230.pdf>.
35. Алдошин Н. В. Индустриальная технология производства кормов / Н. В. Алдошин. – М : Агропромиздат, 1986. – 175с.
36. Винаров А. Ю. Биотехнология утилизации спиртовой барды и получения кормовой белковой добавки // Мат. I межд. Конгресса Биотехнологии состояние и перспектива развития / А. Ю. Винаров и др. – М., 2002. – С. 200-201.
37. Сницарь А. И. Новая линия для производства муки из пивной дробины / А. И. Сницарь и др. // Мясная индустрия, 2003. - № 4. – С. 6-17.
38. Гринин А. С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка / А. С. Гринин, В. Н. Новиков. – М. : ФАИР-ПРЕС, 2002. – С. 186-198.
39. Сницарь А. И. О перспективах использования пивной дробины / А. И. Сницарь // Мясная индустрия, 2000. – № 10. – С.38-39.
40. Толстова С. В. Разработка биотехнологических процессов утилизации пивной дробины : дис... канд. техн. наук: 05.18.07 / Толстова С. В. – М., 1985. – 147 с..
41. Мустецов Т. М. Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 188 с.

42. Шацкий В.В. Теоретико-методологические принципы анализа функцио-нально-качественного наполнения технико-технологического обеспечения сви-новодства. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків, 2013. Вип. 132. С. 130-138.
43. Шацкий В.В. Концепция и методология совершенствования биотехнической системы животноводства. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків, 2016. Вип. 157. С. 111–118.
44. Шацкий В.В. Методология совершенствования технологического обеспечения животноводства. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол. : С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. К., 2016. Вип. 254. С. 334-344.
45. Мусин А.М. Методы технико-экономической оценки биотехнических систем животноводства. Москва: [б. и.], 2005. 81 с.
46. Адамчук В.В., Фененко А.И. Концептуальные аспекты развития ферм по производству молока. Молочное дело. 2010. № 12. С. 14-17.
47. Фененко А.И. Техніко-технологічна концепція розвитку механізації мо-лочного тваринництва / А.И. Фененко // Техніка АПК. – 1996. – № 1. – С. 6-7.
48. Машкін М.І. Технологія молока і молочних продуктів : навчальне видання. К. : Вища освіта, 2006. 351 с.
49. Зубець М.В., Гуков Я.С., Грицишин М.І. Актуальні проблеми технічної політики в аграрному секторі України. Київ : ДІА, 2007. 80 с.
50. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
51. Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 14.08.2021, підстава - 1667-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
52. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

53. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

54. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. МОЗ України. К.: ІСДО, 1993.

55. Закон України "Про пожежну безпеку" від 17 грудня 1993 року №3745-ХІІ.

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

**УНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗВО
ПОСТУПАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ**

Виконав: студент групи МГМ
Ватченко Артем Руслан

Керівник: д-р техн
старш. дослідник
Алієв Ельчин Бахтия

Мета і задачі досліджень

Ою магістерської роботи є обґрунтування режимів процесу подрібнення рив подрібнювача концентрованих кормів для зниження енерговитрати якості готового продукту при виробництві розсипних кормосумішей

Досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

проаналізувати сучасний стан виробництва розсипних комбікормів;

розробити теоретичні положення по взаємозв'язку режимів процесу і паювача концентрованих кормів, що відображають особливості поді

досліджувати і обґрунтувати конструкційні параметри подріброваних кормів при подрібненні зерна;

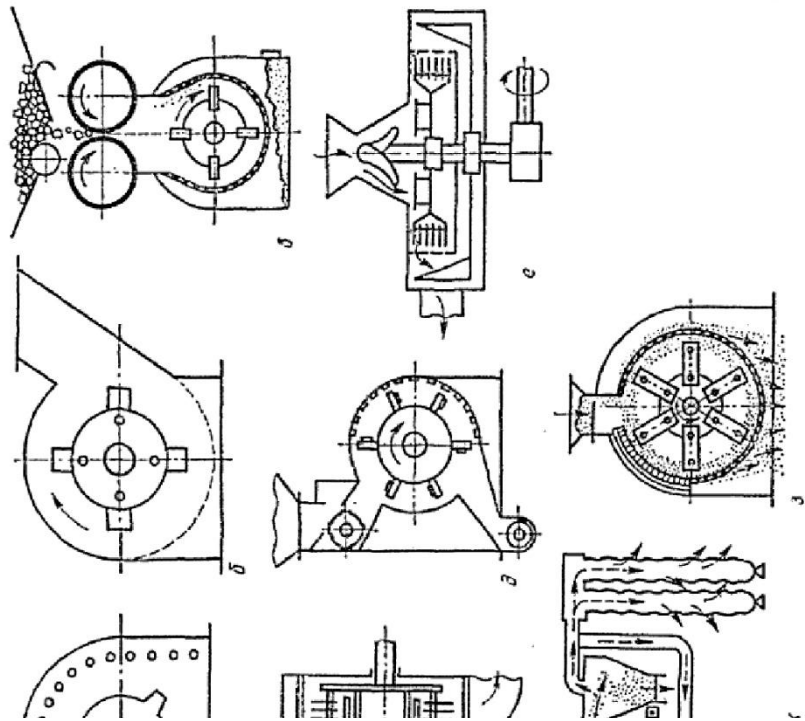
експериментально перевірити теоретичні положення обґрунтування паювача концентрованих кормів

провести випробування експериментального двоторного вакуумного наекономічну і енергетичну оцінку.

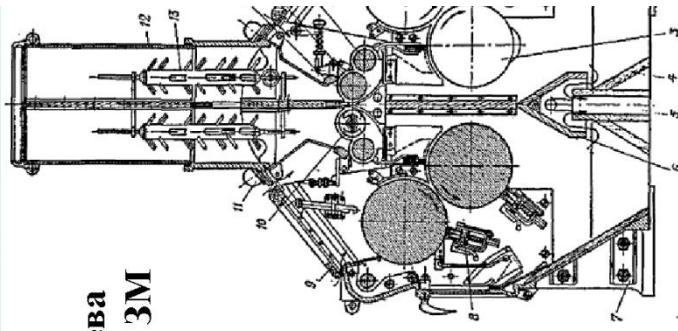
Кт дослідження: подрібнювач концентрованих кормів .

цмет дослідження: робочий процес подрібнення зерна подріброваних кормів.

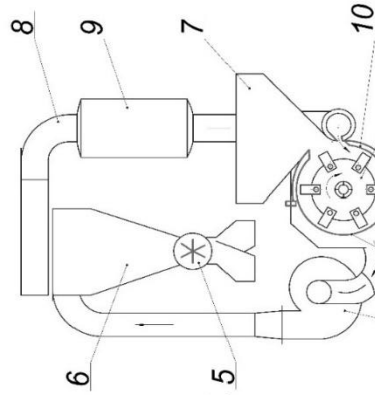
Стан механізації процесу подрібнення концентрованих кормів



Вальцева
машина ЗМ



- 1 – корі
- відвідний
- решето; 4 –
- 5 – шліззов;
- циклон; 7
- трубопі
- фільтр; 1
- 11 – дробиль

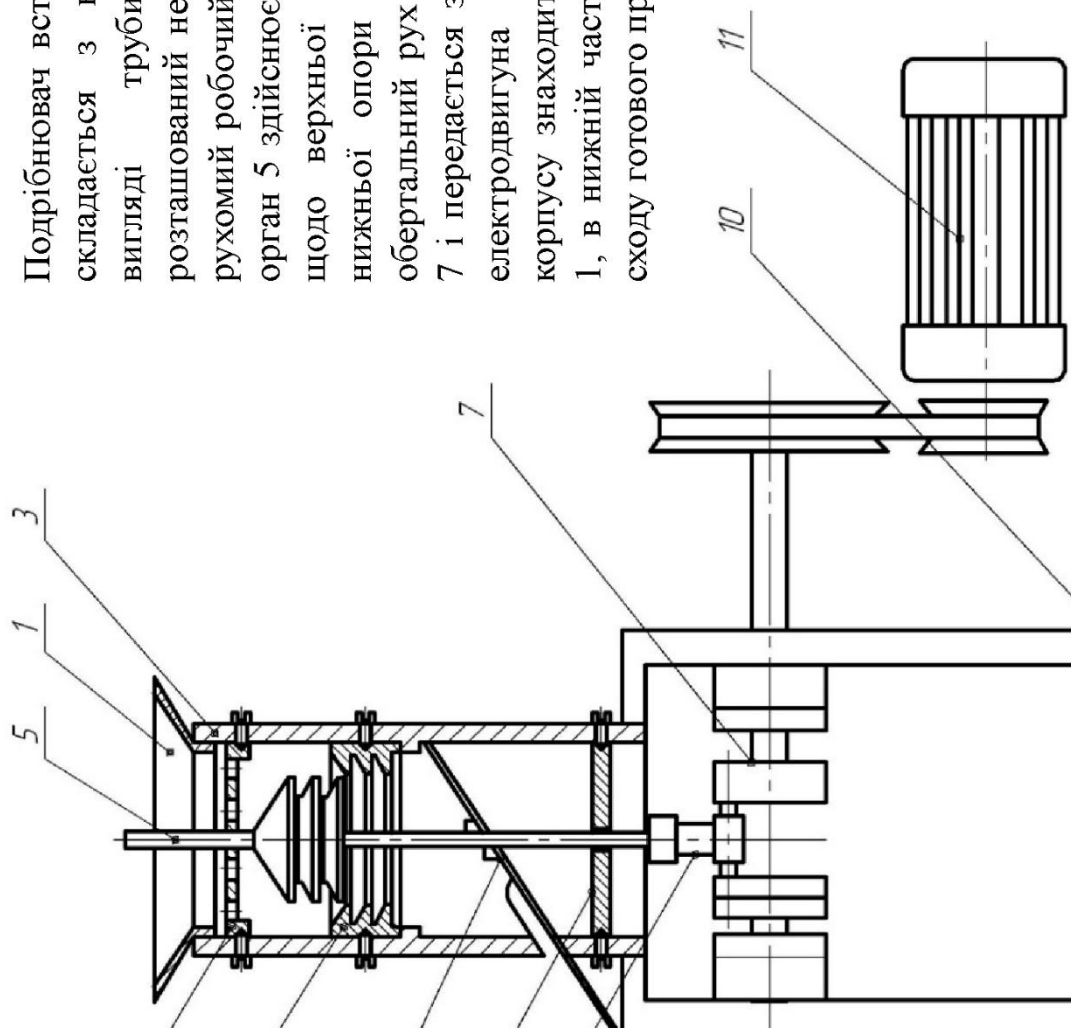


- 6
 - 8
 - 9
 - 7
 - 10
- Схема л

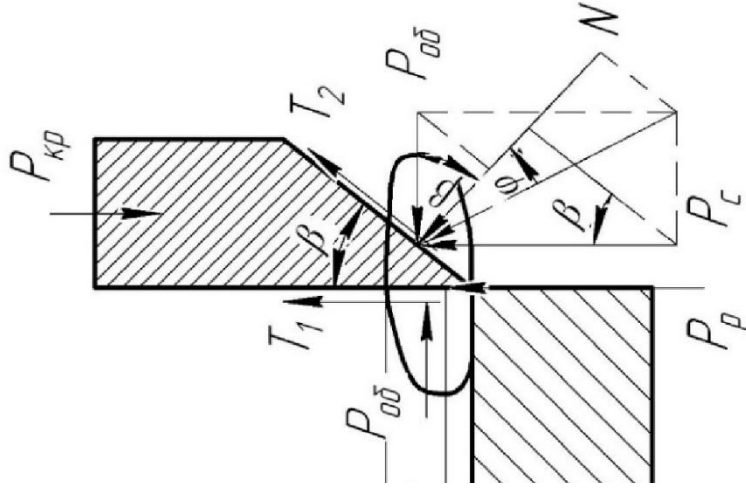
дкритого типу; б – закритого типу; в, г –
дійний; д – з жорстким кріпленням робочих 5
ків; е – горизонтальний; ж – з замкнутим
ним потоком; з – з шарнірним кріпленням
робочих органів

структивно-технологічна схема подрібнювача концентрованих

Подрібнювач встановлений на ста- складається з корпусу 3, вико- вигляді труби. Усередині розташований нерухомий робочий рухомий робочий орган 5. Рухомий орган 5 здійснює зворотнопоступа- щодо верхньої перфорованої ог- нижньої опори 6, яке перетвор обертальний рух колінчастого валу 7 і передається за допомогою шат електродвигуна 11. У верхній корпусу знаходиться приймальна і 1, в нижній частині похилий під- сходу готового продукту.



Теоретичні дослідження робочого процесу подрібнювача



На ніж діють наступні сили:

P_p – опір руйнуванню матеріалу під кром направлене вгору;

$P_{об}$ – сила обтискання матеріалом, має гори напрям і діють на бічні грані леза, (виникають розширення шару матеріалу, викликаного входженні клину леза);

P_c – опір шару стисненню фаскою леза, направлена Залежність величин сил P_c і $P_{об}$ що входить в інших параметрів процесу аналітично можна таким чином

$$P_{кр} = P_{рез} + P_c + T_1 + T_2'$$

$$P_{кр} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot [tg\beta + f \cdot \sin^2 \beta + \mu \cdot (f$$

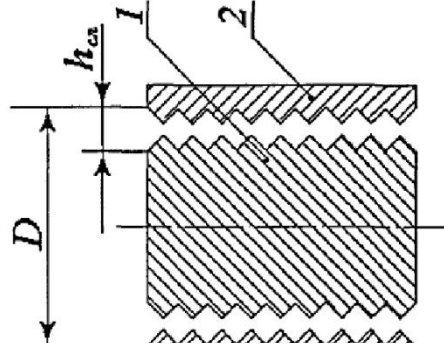
взаємодія леза з матеріалом

$$P_{об} = \mu \frac{E}{2} \cdot \int_0^{h_c} h_{cx} \cdot dh_{cx} = \mu \cdot \frac{E}{2} \cdot \frac{h_{cx}^2}{h}$$

$$P_c = \frac{1}{1 + \frac{1}{n}} \left(\frac{E}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot h_c^{1 + \frac{1}{n}} \cdot tg\beta$$

Щ важливим слідством з виразів є те, що зусилля P_c знаходиться в складній залежності від величини входження леза в матеріал, при якій на його ріжучій кромці виникає сила. Функція $P = f(h)$ при $n = 1$ відповідає до виразів влас собою квадратичну параболу.

Теоретичні дослідження робочого процесу подрібнювача



мий робочий орган;
 2 – допоміжний робочий орган
пробильної камери
одрібноувача

що віддається
 органом
 вача на взаємодію з
 стирання матеріалу,
 ути визначена по

Потужність $N_{изм}$ може бути виражена через константи параметри дробарки згідно рівнянню:

$$N_{изм} = Q_p [C_1 g \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1) + \psi \cdot D \cdot L (1 + f_{с.п.}) V^2_{\sigma}]$$

При цьому витрата потужності на подрібнювач визначається з формули:

$$N_{ц} = k(1 + k_{ц} \cdot \mu_{ц}) \cdot V^2_{мр}$$

де k_v – досвідчений коефіцієнт, що враховує константи режим роботи даного подрібнювача;

$k_{ц}$ – кратність циркуляції матеріалу.

Витрата потужності $N_{хх}$ на холостий хід у формувачі врахований другим доданком цього виразу. Продуктивність є одним з важливих показників її і продуктивності. Розрахункова продуктивність дробарки визначена залежно від конструктивних розмірів по наступній формулі [75]:

$$Q_p = \pi D L h_{с.п.} \rho \mu_{с.} / t$$

де t – тривалість перебування матеріалу в камері, с.

З урахуванням цього формулу для продуктивності подрібнювача можна подати у вигляді

$$Q = k_{изм} D L$$

де $k_{изм}$ – коефіцієнт пропорційності, що характе

$$[g \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1) + \psi \cdot D \cdot L$$

Програма і методика експериментальних досліджень

рахуванням поставлених завдань програма досліджень включає:

Розробку подрібнювача концентрованих кормів.

Проведення експериментальних досліджень і обґрунтовано-режимних параметрів.

Обробку даних, отриманих за наслідками експерименту.



Набір решіт
використовувани

дрібнювач; б – щит керування асинхронним

Програма і методика експериментальних досліджень

Основні геометричні розміри зерна

Параметр	Розміри, мм		ψ
	l	b	
Довжина	4,2 - 8,6	1,5 - 3,8	0,82 - 0,85
Ширина	7,0 - 14,6	1,4 - 4,5	0,76 - 0,83
Товщина	8,0 - 16,6	1,2 - 3,6	0,64 - 0,77

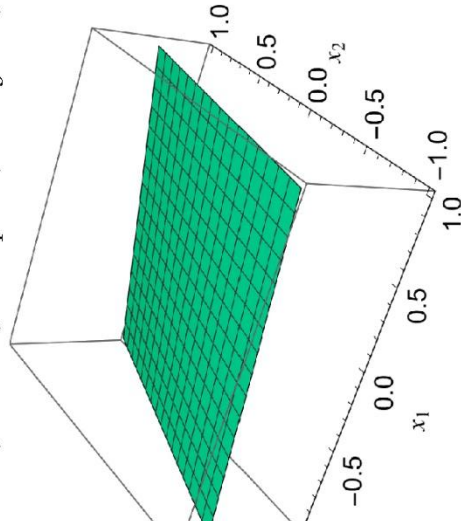
a, b, l – відповідно ширина, товщина і довжина зерна;
 ψ – сферичність зерна, тобто відношення площі поверхні кулі до площі поверхні однієї зерниці.

Програма досліджень складається з наступних факторів: частота обертання за допомогою частотного перетворювача; зразок зерна, який подрібнювався партія зерна, замірився за допомогою секундоміра; вага зерна; вага зерна, яке пройшло через решітку; вага зерна, яке не пройшло через решітку; вага зерна, яке пройшло через решітку з діаметром отворів 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм (ГОСТ 214-83).

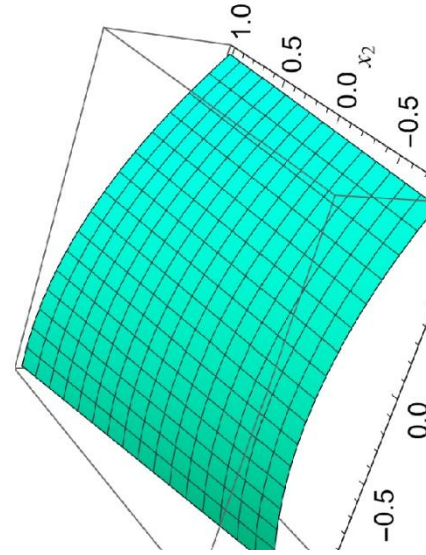
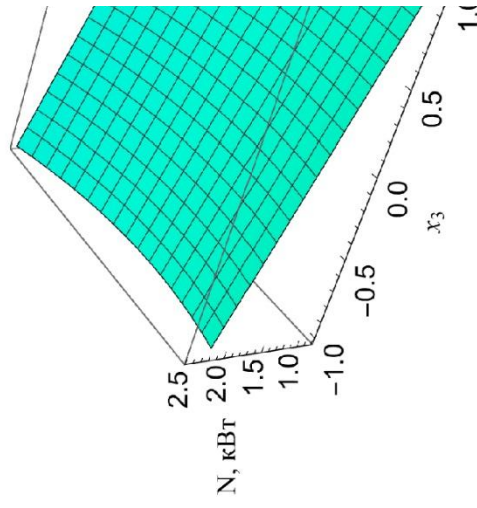
Позначення	Фактори		
	Зазор між робочими органами, S, мм	Частота обертання вала подрібнювача, ω , с ⁻¹	Довжина ходу рухомого робочого органа, L, мм
x_1	x_2	x_3	
0,35	20,9	100	

Результати експериментальних досліджень

Для обґрунтування оцінки впливу чинників по довжині матриці планування по режиму були розраховані регресійні рівняння другого порядку (програма Mathem):
 $\eta = 1,761 - 0,165x_1 - 0,424x_2 - 0,252x_3 + 0,063x_1x_3 + 0,073x_1x_2 + 0,281x_1x_3 - 0,167x_1x_4 + ($
 $\zeta = 6,745 - 0,543x_1 + 0,401x_3 + 0,579x_4 - 0,348x_1x_2 - 0,167x_2x_3 - 0,495x_1^2;$



Поверхня відгуку питомої потужності N від факторів досліджень



Поверхня відгуку кількості пилоподібних фракцій K від факторів досліджень

Техніко-економічні показники подрібнювача кормів

Показники	Варіанти	
	Базовий	Проек
Відомий об'єм робіт, т.	730	730
Відомі річні експлуатаційні витрати, грн./т.	99,00	91,00
Відоме число:		
- заробітна плата з нарахуваннями	68,60	68,60
- витрати на електроенергію	22,50	14,50
- амортизація	3,94	4,20
- ремонт та ТО	3,94	4,20
Відомі річні експлуатаційні витрати, грн.	72270,00	67060,00
Відоме капіталовкладення, грн.	19200,00	20480,00
Відомі річні капіталовкладення, грн.	-	1280,00
Відомий річний економічний ефект, грн./т	-	71,00
Відоме строку окупності додаткових капіталовкладень, років	-	0,2

Висновки

Аналіз технологічних ліній подрібнення зерна показав, що використовуємі в їх складі ізолюючі органи мають високу частоту обертання, що є підвищеною небезпекою для об'єкту дослідження. З метою підвищення безпеки та зменшення витрат енергії на подрібнення зерна необхідно оптимізувати технологічні лінії подрібнення. Для цього необхідно провести дослідження роботи існуючих технологічних ліній подрібнення зерна та розробити нові технологічні лінії подрібнення зерна, які будуть більш економічними та безпечними. Для цього необхідно провести дослідження роботи існуючих технологічних ліній подрібнення зерна та розробити нові технологічні лінії подрібнення зерна, які будуть більш економічними та безпечними.

Зроблена раціональна конструктивно-технологічна схема подрібнювача, що забезпечує продукту за рахунок зниження змісту пилоподібних фракцій до $K = 4,773\%$. Експериментальні дослідження дозволили встановити чинники, що впливають на процес подрібнення зерна, та визначити їх прийнятні значення, які рівні:

- швидкість обертання валу приводу подрібнювача $\omega = 20,90 \text{ с}^{-1}$;
- швидкість ходу рухомого робочого органу $L = 20 \text{ мм}$;
- кількість протирівів $k = 2$ шт.

Представлені основні етапи охорони праці при обслуговуванні та ремонті подрібнювача, забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні подрібнювача.

Зроблено економічні показники розробленого подрібнювача із зернодробаркою ДТЗК з висновком, що застосування розробленого нами подрібнювача хоч і несе в собі

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**ІНЖИНІРИНГ АГРОПРОМИСЛОВОГО
ВИРОБНИЦТВА**

Всеукраїнська студентська науково-практична конференція

Дніпро, 2021

УДК 631:62-5

Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр. І 62 студ. наук.-практ. конф. (1-2 грудня 2021 р., м. Дніпро). – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – 80 с.

У збірнику представлені наукові матеріали Всеукраїнської науково-практичної студентської конференції «Інжиніринг агропромислового виробництва» (zareestrovano в УкрІНТЕІ, 8.11.2021, № 904). Тематика наукових матеріалів присвячена питанням розроблення та впровадження інноваційних технологій та технічних засобів агропромислового виробництва.

Наукові матеріали надані в авторській редакції з дотриманням стилю автора. За фактичний матеріал і його інтерпретацію відповідальність несуть автори та наукові керівники.

Адреса оргкомітету:

Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Сергія Єфремова, 25
тел. (050) 970-16-90, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві, dudin.v.yu@dsau.dp.ua

© ДДАЕУ, 2021

© Автори публікацій, 2021

Ріпний В.О. РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИЩУВАЧА СТІЙЛ	66
Черненко К.К. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРЕНЕПЛОДІВ	69
Івлєва В.В. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШЕСТЕРЕННОГО ГРАНУЛЯТОРА КОРМІВ	72
Наливайко М.Я. ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ	75
Лагутін Р.В. КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ГОДІВЛІ ВРХ	78
Хрущ В.В. РІВЕНЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІКОРМІВ В УКРАЇНІ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ ПРИГОТУВАННЯ	80
Панкєєв П.М. ПЕРСПЕКТИВИ ПРАКТИЧНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОБПРИСКУВАННЯ	82
Ватченко А.Р. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ	86
Підберезний К. Г. АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТРУКТУРНОГО СКЛАДУ ТА ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ С.-Г. КУЛЬТУР	89
Юрак Д.О. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ	93
Жданова І.О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ	94

УДК 631:62

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ

Ватченко А.Р.

здобувач вищої освіти СВО Магістр,

ОПП Агроінженерія, ІТФ ДДАЕУ

Науковий керівник – Алієв Е.Б.,

доктор технічних наук, старший дослідник

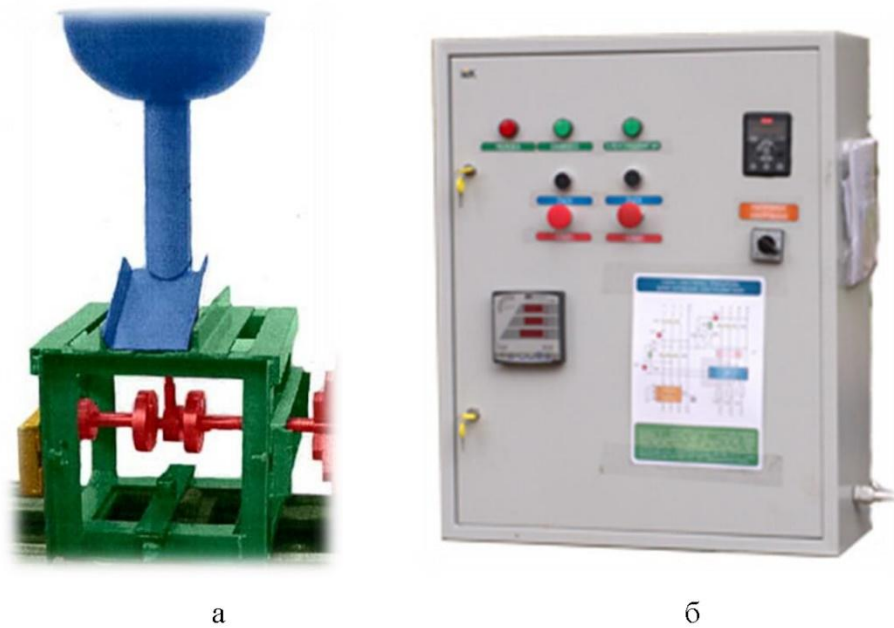
Тваринництво і рослинництво є основою для виробництва якісних продуктів харчування. Для розвитку галузі тваринництва необхідне створення міцної кормової бази. При виробництві м'яса і молока частка кормів в собівартості складає 60...75%. У кормовому балансі близько 25% доводиться на концентровані корми (насіння злакових і зернобобових культур), які є основою високої продуктивності тварин. Збільшення виробництва кормів вимагає удосконалення технологій, машин і устаткування в напрямі зменшення енергоємності машин і підвищення якості отриманих кормів.

Тому вельми актуальним є питання дослідження найбільш раціональних технологій, режимів і параметрів устаткування що забезпечують проведення процесу подрібнення концентрованих кормів.

Метою даної роботи є обґрунтування режимів процесу подрібнення зерна і параметрів подрібнювача концентрованих кормів для зниження енерговитрат і підвищення якості готового продукту при виробництві розсіпних кормосумішей.

Для проведення експериментальних досліджень був розроблений і виготовлений експериментальний зразок подрібнювача концентрованих кормів (зерна), загальний вигляд якого представлений на рис 1.

Установка кріпиться на станині. Привід установки здійснюється від асинхронного електродвигуна, що підключений до відповідного щита керування на основі частотного перетворювача Danfoss. Щит керування асинхронним електродвигуном дозволяє змінювати частоту обертання валу приводу подрібнювача.



а – подрібнювач; б – щит керування асинхронним електродвигуном

Рисунок 1 – Загальний вигляд експериментальної установки

Проведення експериментальних досліджень із застосуванням методів планування і аналізу експерименту є найбільш ефективним методом отримання математичної моделі складного процесу. Експеримент, проведений із застосуванням даних методів, дає значно більше інформації, чим експеримент, заснований на традиційних принципах із встановленням детермінованих залежностей, оскільки вивчаються можливі взаємодії між чинниками експерименту. Окрім цього значно скорочується число дослідів в порівнянні з традиційним методом, збільшується ємкість експерименту за рахунок отримання даних про роль взаємодії різних чинників, оцінюється помилка дослідів, що дозволяє судити про дію чинників з певним рівнем значущості [1-4]. Аналіз чинників, що впливають на зміну якісні і кількісні показники досліджуваного процесу,

показав, що до них відносяться наступні чинники: x_1 – зазор між робочими органами (S , мм); x_2 – частота обертання вала приводу подрібнювача (ω , с⁻¹); x_3 – довжина ходу рухомого робочого органу (L , мм); x_4 – кількість протирізів (k , шт).

Для обґрунтування оцінки впливу чинників по довжині матриці планування по результатам експерименту були розраховані регресійні рівняння другого порядку (програма Mathematica).

$$N = 1,761 - 0,165x_1 - 0,424x_2 - 0,252x_3 + 0,063x_1x_3 + 0,073x_1x_2 + 0,281x_1x_3 - 0,167x_1x_4 + 0,283x_4^2;$$

$$K = 6,745 - 0,543x_1 + 0,401x_3 + 0,579x_4 - 0,348x_1x_2 - 0,167x_2x_3 - 0,495x_1^2.$$

Розроблена раціональна конструктивно-технологічна схема подрібнювача, що забезпечує високу якість готового продукту за рахунок зниження змісту пилоподібних фракцій до $K = 4,773$ %.

Експериментальні дослідження дозволили встановити чинники, що впливають на процес подрібнення зерна, а також визначити їх прийнятні значення, які рівні:

- зазор між робочими органами $S = 0,35$ мм;
- частота обертання вала приводу подрібнювача $\omega = 20,90$ с⁻¹;
- довжина ходу рухомого робочого органу $L = 20$ мм;
- кількість протирізів $k = 2$ шт.

Список використаних джерел:

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.
2. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. Изд. 3-е. доп. М.: Колос, 1973. 199 с.
3. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2003. 352 с.
4. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. СПб.: ВНУ - Санкт-Петербург, 1997. 384 с.