МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Сергій БЛАЖЕНКО	_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____20__р.	«___» _____20__р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв
на тему: Удосконалення конструктивних параметрів подрібнювача зерна ротаційного типу з метою підвищення якості продукції

Виконав: здобувач II курсу, групи ОХ-2-3М

Петреченко Валерій Віталійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник: Миколів Іван Михайлович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра *Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування*
Освітній ступінь *магістр*
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(шифр і назва)
Освітня програма *«Інжиніринг харчових виробництв»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач
кафедри ТОКТП
_____ Микола ЯКИМЧУК

"____" _____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Петреченко Валерій Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення конструктивних параметрів подрібнювача зерна ротаційного типу з метою підвищення якості продукції

керівник проекту (роботи) Миколів Іван Михайлович, доц., кандидат тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» листопада 2023 р. № 940-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 01 » лютого 2024р.
3. Вихідні дані до роботи *1. Технічний паспорт обладнання.*
2. Кресленики обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Реферат; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд стану питання; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці; Охорона довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Висновки.*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші, Технологія машинобудування – 1 аркуш, Складальні одиниці обладнання – 3 , НДР – 2аркушів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: «21» листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Реферат, зміст*	22.11.2023	
2	*Вступ*	25.11.2023	
3	*Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження*	30.11.2023	
4	*Розробка нового технічного рішення обєкту дослідження*	15.12.2023	
5	*Дослідна частина та узагальнення результатів*	23.12.2023	
6	*Розрахункова частина*	02.01.2024	
7	*Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування*	12.01.2024	
8	*Заходи з охорони праці та охорони довкілля*	15.01.2024	
9	*Маркетингове обґрунтування проекту висновки*	23.01.2024	
10	*Висновки*	29.01.2024	
11	*Список використаних літературних джерел*	29.01.2024	
12	*Графічна частина: 5 аркушів формату А1*	30.01.2024	
13	*Подача кваліфікаційної роботи на кафедру*	01.02.2024	
14			

Здобувач _____ Валерій ПЕТРЕЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____ Іван МИКОЛІВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Реферат

Робота присвячена проблемі підвищення енергоефективності і якості готової продукції, що одержується в процесі подрібнення на дробарці. У зв'язку з цим, актуальним є удосконалення робочого процесу дробарки, що дозволить отримати якісний, більш однорідний склад готового корму, при значному знижені енергозатрат.

Відповідно до викладеного, у кваліфікаційній роботі сформульовано **мету дослідження**: підвищення ефективності процесу подрібнення зерна молотковою дробаркою за рахунок обгрунутвання і оптимізації конструктивних параметрів робочих органів дробильної камери.

Об'єкт дослідження: процес подрібнення зерна в молотковій дробарці. **Предмет дослідження**: закономірності впливу конструктивних параметрів і режимів роботи молоткової дробарки на ефективність процесу подрібнення зерна.

Методи дослідження: теоретичні обґрунтування параметрів і режимів роботи молоткової дробарки проводилось з використанням методів математичної статистики і моделювання, законів і методів класичної механіки, методів планування багатофакторного експерименту і математичного аналізу отриманих результатів.

Ключові слова: дробарка, удосконалення, робочі органи, зерно, ефективність.

Abstract

The work is devoted to the problem of increasing energy efficiency and the quality of finished products obtained in the process of grinding on a crusher. In this regard, it is urgent to improve the working process of the crusher, which will allow to obtain a high-quality, more homogeneous composition of the finished feed, with a significant reduction in energy consumption.

In accordance with the above, the qualification work formulated the purpose of the research: increasing the efficiency of the process of grinding grain with a hammer crusher due to grounding and optimization of the structural parameters of the working bodies of the crushing chamber.

The object of research: the process of grinding grain in a hammer crusher.

The subject of research: regularities of influence of constructive parameters and operating modes of the hammer crusher on the efficiency of the grain grinding process.

Research methods: theoretical substantiation of the parameters and operating modes of the hammer crusher was carried out using methods of mathematical statistics and modeling, laws and methods of classical mechanics, methods of planning a multifactorial experiment and mathematical analysis of the obtained results.

Key words: crusher, improvement, working organs, grain, efficiency.

ЗМІСТ

стор.

Анотація……

Вступ…….

1. Аналіз сучасного стану об’єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження……

2. Розробка нового технічного рішення обєкту дослідження ……..……

3. Дослідна частина та узагальнення результатів ……

4. Розрахункова частина ……

5. Принципи автоматизованого управління об’єктом проектування …

6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля ……...

7. Маркетингове обґрунтування проекту висновки ……

Висновки……..

Список використаних літературних джерел…….

Специфікації…….

Відповідальна організація **НУХТ**	Технічне узгодження Миколів І.М.	Вид документа **Пояснювальна записка**		Статус документа	
Власник документа **НУХТ**	Розробник документа Петреченко В.В.	Назва, додаткова назва **Зміст**	221876.КР.27.000 ПЗ		
	Документ затверджено Якимчук В.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова **UA** / Аркуш 1/1

ВСТУП

Скорочення виробництва сільськогосподарської продукції в Україні призвело до розпаду колись міцних і потужних господарств тваринницького спрямування з індустріальними технологіями утримування і відгодівлі великої рогатої худоби та свиней та зростання кількості дрібних аграрних формувань. В даний час вони виробляють близько 70% загального обсягу продукції тваринництва, але на достатньому рівні не забезпечені ефективними технологіями та засобами механізації, в тому числі і для приготування кормів [16,86]. До таких формувань відносяться, в першу чергу, особисті селянські господарства та дрібні фермерські об'єднання.

Основна причина складної ситуації, що виникла в галузі тваринництва на сучасному етапі – відсутність міцної кормової бази, яка ґрунтується на використанні високоенергетичних кормів, в першу чергу – концентрованих кормів та комбікормів. Але закуповувати комбікорми дрібним господарствам на спеціалізованих підприємствах не завжди доцільно, що пояснюється їх високою вартістю та значними затратами на транспортування. Враховуючи, що зернова складова досягає 60% вартості комбікормів [30,65,78,133], дрібним господарствам економічно вигідно налагоджувати їх виробництво безпосередньо в господарствах із використанням власних зернових інгредієнтів і залученням закуплених білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВМД) відповідно індивідуальним раціонам згодовування.

Якщо для середніх тваринницьких ферм можуть бути застосовані технологічні та технічні рішення з утримання і годівлі, що накопичувалися протягом другої половини XX сторіччя, то для дрібних господарств така база практично відсутня. Використання раніше створених високопродуктивних зернових дробарок для дрібних господарств в більшості випадків стає енергозатратним та малорентабельним. Традиційний підхід по зменшенню

типорозміру дробарок, базуючись на загальноприйнятих конструкторських рішеннях, не дає бажаних результатів, оскільки за питомими експлуатаційними затратами такі машини суттєво програють високопродуктивним зразкам [94,133,145].

Актуальність теми досліджень. При незначних обсягах робіт найбільш перспективним шляхом забезпечення концентрованими кормами малотоварного виробництва тваринницької продукції є розробка малогабаритних фермських агрегатів, в тому числі, подрібнювачів зерна, здатних задовольнити потреби дрібних господарств в якісних концентрованих кормах відповідного фракційного складу для різних видів тварин з можливістю його регулювання. Однак, при малих подачах зерна конструкції сучасних подрібнювачів не дозволяють забезпечити належну якість виконання процесу та його економічність, зокрема в результаті нерівномірного надходження зернового матеріалу в робочу зону камери подрібнення, що призводить до зниження однорідності фракційного складу готового продукту та утворення значної кількості пиловидної фракції. В зв'язку з цим дослідження, пов'язані з розробкою конструкції та обґрунтуванням раціональних параметрів і режимів роботи ротаційного подрібнювача зерна є актуальними і своєчасними.

Мета та задачі досліджень. *Мета* дисертаційної роботи – підвищення якості подрібнення зерна і зниження питомої енергоємності процесу на основі оптимізації взаємодії робочих органів подрібнювача з зерновим матеріалом з врахуванням його механічних властивостей.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних *задач*:

- визначити напрями подальшого вдосконалення існуючих технічних засобів для подрібнення зернових матеріалів та розробити технологічну схему подрібнювача зерна малої продуктивності;
- проаналізувати функціональні зв'язки конструктивних параметрів та

режимів роботи подрібнювача з механічними властивостями зернових матеріалів;

- обґрунтувати тип і визначити раціональні параметри завантажувального пристрою малої продуктивності подрібнювача зернових матеріалів;
- встановити залежності якості подрібненого продукту і питомої енергоємності процесу від конструктивних параметрів та режимів роботи подрібнювача з врахуванням механічних властивостей зернових матеріалів;
- визначити техніко-економічну ефективність застосування подрібнювача зерна малої продуктивності у виробничих умовах.

Об'єкт досліджень – процеси завантаження зернового матеріалу та його подрібнення в робочій камері ротаційного подрібнювача малої продуктивності.

Предмет досліджень – функціональні зв'язки конструктивних параметрів та режимів роботи ротаційного подрібнювача з механічними властивостями зернових матеріалів**.**

Методи досліджень. Аналітичні дослідження взаємодії робочих органів подрібнювача з зерновим матеріалом ґрунтувались на основних положеннях механіки суцільних середовищ, зокрема: механіки контактної взаємодії, теорії пружності та пластичності, кінематики та динаміки твердого тіла, методах теоретичної механіки, аналітичної геометрії, математичного аналізу.

Експериментальні дослідження проведені на розробленій лабораторній установці із застосуванням методів математичного планування багатофакторних експериментів, методів електротензометрування при вимірюваннях фізичних величин із використанням аналогово-цифрового

перетворювача, методів кореляційного та регресійного аналізу, статистичної обробки результатів експериментів.

Лабораторні дослідження та науково-виробнича перевірка якості роботи подрібнювача у виробничих умовах проведені згідно стандартних і спеціально розроблених методик з застосуванням системи символьної математики для ПЕОМ («Mathematica V8») та інших прикладних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі аналізу руху зернового матеріалу по робочій поверхні завантажувального пристрою та взаємодії лопатки подрібнювача з зерниною:

- встановлені аналітичні залежності зв'язку енергії руйнування зернини з параметрами і режимами роботи подрібнювача та механічними властивостями зернового матеріалу шляхом вирішення задачі контактної взаємодії жорстко закріпленого робочого органу з зерниною;
- отримані нові функціональні залежності рівномірності подачі зернового матеріалу в камеру подрібнення від параметрів та режимів роботи завантажувального пристрою вібраційного типу малої продуктивності;
- дістали подальшого розвитку залежності, які описують взаємозв'язок енергії руйнування зернини та максимальних дотичних напружень, що виникають в процесі контактної взаємодії з робочими органами подрібнювача.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Основні вимоги до подрібнення зернових матеріалів

Розвиток кормової бази тваринництва неможливий без вдосконалення системи кормоприготування з застосуванням збалансованих раціонів, основним джерелом енергії яких є зерно злакових культур. Подрібнені зернові суміші (концентровані корми) є основним інгредієнтом комбікормів, що складають основу кормовиробництва. Використання комбікормів – це найбільш раціональна можливість мати збалансований за всіма поживними та біологічно активними елементами раціон годівлі сільськогосподарських тварин. Враховуючи, що поживні речовини, які містяться в кормі, організм тварин засвоює лише в розчиненому стані, необхідно забезпечити якомога більшу поверхню впливу травних соків шлунку на частинки корму. Разом з тим, занадто подрібнене зерно (пиловидна фракція) важко розчиняється водою та шлунковим соком і неефективно засвоюється організмом, що може викликати різні захворювання тварин. Згодовування тваринам занадто подрібненої зернової маси призводить до зниження приростів живої ваги до 15% і негативно впливає на процес травлення внаслідок проковтування тваринами корму без попереднього пережовування [35,43,71]. Слід відмітити, що нерівномірність складу подрібненого зерна за розмірами, яка характеризується коефіцієнтом варіації, негативно впливає на його змішування з іншими інгредієнтами в процесі приготування комбікормів і призводить до наступного розшарування на фракції [10,62,72,132].

На утворення занадто дрібних частинок зерна витрачається додаткова кількість енергії, тому подрібнення сировини необхідно проводити до розмірів, рекомендованих зоотехнічними вимогами. Крім того, частина дрібної фракції корму втрачається при завантаженні, розвантаженні, транспортуванні та

роздачі тваринам.

Існує багато способів підготовки зернових матеріалів до згодовування, але найбільш поширеним в практичному застосуванні є механічне подрібнення. Від якості подрібнення зернового матеріалу залежить ефективність процесу його поїдання, перетравлювання і засвоювання сільськогосподарськими тваринами та птицею.

Різним способам подрібнення зернових матеріалів відповідає певна закономірність розбігу фракційного складу. Поряд із частинками заданих розмірів в подрібненому продукті є значна кількість недоподрібнених та переподрібнених частинок, які погано засвоюються в шлунково-кишковому тракті тварин. Подрібнення зернових матеріалів до визначених зоотехнічними вимогами розмірів дає можливість зменшити витрати кормів, скоротити терміни відгодівлі, знизити собівартість продукції тваринництва.

Оптимальними вважають такі розміри подрібнених зернових частинок, які забезпечують найкраще використання поживних властивостей корму. Вони регламентуються зоотехнічними вимогами і становлять: для корів – 1,0…1,6 мм, для свиней – 0,2…0,9 мм, для овець – 1,0…1,6 мм [36,57,70,81]. Оскільки частинки корму, розміри яких відрізняються від встановлених зоотехнічними вимогами, гірше засвоюються тваринами, то необхідно удосконалити засоби механізованого подрібнення зернових матеріалів з метою звуження меж нерівномірності фракційного складу одержаного корму.

Для забезпечення дрібних господарств дешевими концентрованими кормами високої якості подрібнення з мінімальним вмістом пиловидної фракції дробарки малої продуктивності за питомими техніко-економічними показниками повинні бути не гірші, або навіть перевищувати дробарки більш високої продуктивності. Цього можна досягнути лише шляхом оптимізації взаємодії робочих органів подрібнювача з зерновим матеріалом з врахуванням його механічних властивостей на основі як вже

існуючих розробок, так і шляхом проведення власних досліджень по визначенню раціональних параметрів технологічного процесу та подрібнювача зерна в сучасних умовах використання.

1.2. Фізичні основи процесу подрібнення зерна

Як і будь-який рослинний матеріал, зерно злакових культур характеризується високою нестабільністю фізико-механічних властивостей, особливо показників міцності, що особливо важливо при дослідженні процесу його подрібнення. Ці властивості змінюються в широких межах в залежності від культури, сорту, ступеню дозрівання, умов вирощування, вологості і ряду інших чинників, що не дозволяє віднести його до конкретної групи матеріалів: при різних комбінаціях властивостей зерно можна класифікувати як пружній, або як пластичний матеріал (рис. 1.1).

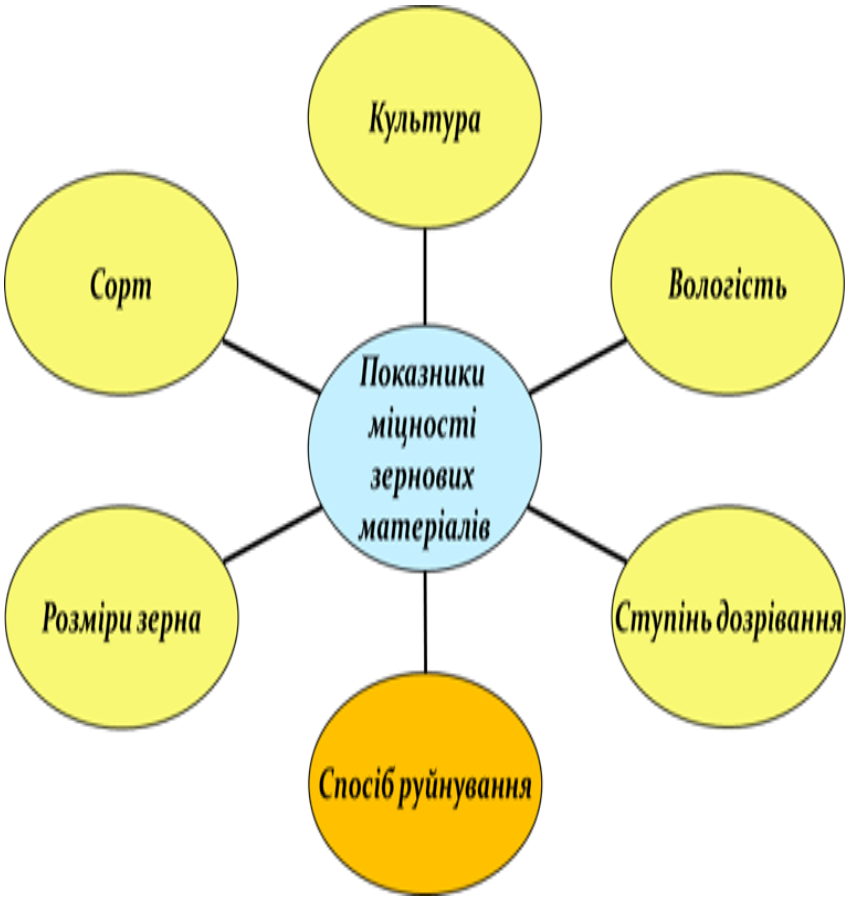


Рис. 1.1. Фактори, що впливають на показники міцності зернових матеріалів

Враховуючи ці особливості, ряд вчених [20,42,62,72,130] пропонують розглядати зерно як матеріал, що складається з двох основних компонентів: пружного скелета та пластичного наповнювача. Під дією зовнішнього навантаження елементи скелета деформуються, а наповнювач чинить в'язкий опір переміщенню часток скелета, збільшуючи тим самим загальну міцність і жорсткість тіла. Межа міцності скелета не залежить від часу дії статичного навантаження, а величина опору в'язкого наповнювача зменшується і міцність зернини визначається лише міцністю скелета. При короткочасній дії зовнішньої сили (удар) в'язкий опір наповнювача досить великий, тому при динамічних навантаженнях для руйнування зернини необхідно прикласти більше навантаження, ніж при руйнуванні статичними силами.

Пластична деформація зерна характеризується появою тріщин скелета, подальший розвиток яких призводить до відокремлення окремих частин зернини. В результаті утворюється безліч дрібних часток з розвиненою поверхнею. Отже, подрібнення зерна можна класифікувати як процес приросту нових поверхонь.

Зерна злакових культур відносяться до капілярно-пористих колоїдних тіл, окремі частини яких (оболонки, зародок) мають різну структуру, різні фізичні і хімічні характеристики. На відміну від ідеально твердих тіл, механічні властивості зерен в різних напрямах неоднакові. Крім того, зерна злакових культур відносяться до органічних тіл і мають складну будову і конфігурацію. Зазначені особливості структури зерна суттєво впливають на механічні властивості і на його поведінку в процесі деформації та руйнування під дією зовнішніх навантажень.

Якщо зовнішні сили, прикладені до зернини, не перевищують певної межі, то зсув часток з рівноважних положень і виникаючі деформації будуть зворотними. Після завершення впливу зовнішніх сил зерно під дією сил міжатомної взаємодії повертається в первинний стан (пружна деформація).

При навантаженнях, що перевищують межу пружності, проявляються пластичні деформації, які супроводжуються так званим «перетіканням» речовини зерна без порушення його цілісності. Пластичні деформації, на відміну від інших видів деформацій є деформаціями великого масштабу і розвиваються з дуже малою швидкістю.

Успішне проектування машин, призначених для подрібнення зернових матеріалів, необхідно здійснювати з врахуванням їх фізико-механічних та технологічних властивостей, які впливають на гранулометричний склад і якість готової продукції, а також на питомі енергетичні затрати.

1.3. Огляд та аналіз конструкцій подрібнювачів зерна

Класифікація молоткових дробарок

Класифікація молоткових дробарок представлена рис. 1.2.

За організацією робочого процесу, що протікає в робочій камері, молот- кові дробарки розрізняють відкритого та закритого типів. У дробарках відкри- того типу подрібнений матеріал видаляється з дробильної камери, не проходя- чи повний цикл при своєму переміщенні. Одним з основних факторів процесу подрібнення в таких дробарках є вільний удар.

У дробарках закритого типу решето та деки охоплюють всю поверхню дробильної камери та матеріал, що у неї, здійснює круговий рух, розташовую- чись у вигляді пухкого повітряно-продуктового шару. У цих дробарках мате- ріал подрібнюється за рахун ок ударного впливу, а також і стирання.

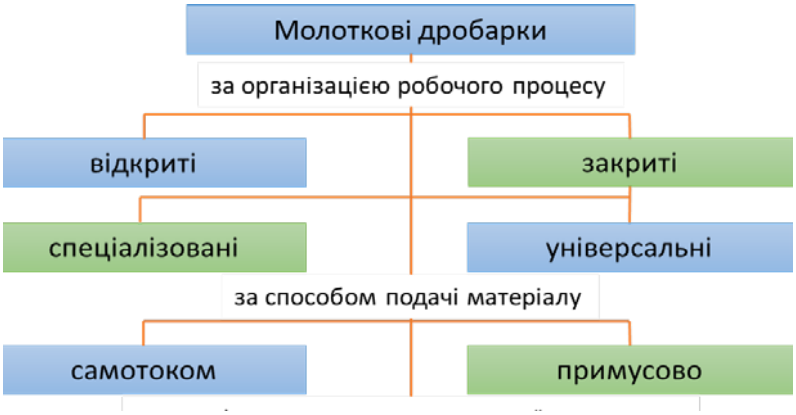


Рис. 1.2 Класифікація молоткових дробарок.

Велике поширення набули дробарки закритого типу, які поділяють на спеціалізовані та універсальні. У спеціалізованих молоткових дробарок до ос- новних робочих органів відноситься ротор з шарнірно закріпленими молотка- ми, а також решета та деки.

В універсальних дробарках, крім молотків на роторі також встановлені криволінійної або прямолінійної форм ножі, або встановлений окремо ріжучий барабан.

За способом подачі подрібнюваного матеріалу в дробильну камеру слід розрізняти дробарки з примусовою подачею та самопливом. Деякі дробарки, для подачі поганосипких матеріалів забезпечені пристроями живлення.

1.3.1. Огляд конструкцій подрібнювачів

В залежності від призначення і принципу дії робочих органів в подрібнювачах зернових матеріалів можуть використовуватись різноманітні види силових навантажень: роздавлювання, злам (згинання), розколювання (розтягування), стирання та удар [16]. Як правило, перераховані види навантажень в процесі подрібнення діютькомплексно, наприклад, роздавлювання і стирання, удар і стирання та ін. Необхідність у різних видах навантажень, а також у різних за принципом дії конструкціях робочих органів подрібнювальних машин викликана різноманіттям властивостей сировини та різними вимогами до крупності подрібненого матеріалу.

Машини для подрібнення зернових матеріалів поділяють на дробарки і млини. Прийнято вважати, що подрібнення здійснюють на дробарках, а на млинах - помел.

За способом впливу на подрібнюваний матеріал розрізняють дробарки, що руйнують матеріал стисканням (щокові, конусні і валкові дробарки) і ударом (роторні і молоткові дробарки).

Пальцеві подрібнювачі і бігуни займають проміжне положення між дробарками і млинами, тому що їх можна застосовувати як для дрібного

подрібнення, так і для крупного помелу [110].

Проаналізуємо коротко відомі конструкції машин, які можна застосовувати для подрібнення зернових матеріалів з метою одержання концентрованих кормів.

Жорнові млини. Застосовуються для помелу зернових на муку та дерть і працюють за принципом стирання. Принцип стирання можливо застосувати тільки до сухих зернових культур з низьким вмістом жирів. В теперішній час жорнові млини використовуються в окремих випадках, а на зміну їм прийшли жорнові подрібнювачі, в яких жорнова виготовляються з корунду, а деталі, що контактують з подрібнюваним матеріалом – з легованої сталі [10,108]. Застосовувати їх для одержання концентрованих кормів не доцільно в зв'язку з утворенням значної кількості пиловидної фракції.

Валкові подрібнювачі. Призначені для середнього та дрібного подрібнення зернових матеріалів. У цих машинах процес подрібнення здійснюється безперервно при затягуванні частинок матеріалу в простір між паралельно розташованими валками, які обертаються назустріч один одному. Основними недоліками валкових подрібнювачів є інтенсивне і нерівномірне зношування робочих поверхонь валків при подрібненні міцних і абразивних матеріалів та порівняно невисока питома продуктивність [108,141]. При подрібненні зернових матеріалів для одержання концентрованих кормів висока енергоємність процесу суттєво підвищує їх собівартість.

Молоткові дробарки. Найбільше застосування для мілкого подрібнення сировини одержав спосіб подрібнення ударом в молоткових дробарках. Використовують в основному одноротрні дробарки. Технологічна ефективність дробарок ударної дії характеризується мірою подрібнення продукту, продуктивністю і витратами електроенергії на 1 тону обробляє мого продукту. Критерієм оцінки ступені подрібнення використовують показник, що називають модулем величини розмелу.

Ступінь подрібнення залежить від виду і віку тварин і птиці, для яких даний комбікорм призначено.

На ефективність роботи дробарок впливають фізичні властивості продукту (вологість, твердість, в'язкість, величина частинок, тощо), параметри робочих органів машини (колова швидкість молотків, їх розміри і форма, розмір отворів ситової поверхні, тощо).

Із збільшенням отворів сита продуктивність дробарки збільшується, витрати електроенергії зменшуються, але при цьому зростають розміри частинок подрібненого матеріалу.

Підвищення вологості зерна знижує продуктивність дробарки і збільшує питомі витрати електроенергії. Із підвищенням колової швидкості молотків продуктивність дробарки зростає, питомі витрати електроенергії знижуються, ступінь подрібнення збільшується.

За конструктивними характеристиками зернодробарки поділяються на закритого та відкритого типу. До дробарок закритого типу відносять такі, в яких матеріал подрібнюється молотками ротора в камері, утвореною декою і решетом. По утворенню мілких частинок матеріал просіюється через отвори решіт і виводиться із дробарки.

Параметри	Закритого типу						Відкритого типу
	Ф-1М	КДМ-2	ДДМ	А1-ДДП	А1-ДМР-6	А1-ДДР	
Продуктивність при ∅ 4 мм, т/год	1,5…2,0	2,2…5,0	4…5	4…6	5…6,5	10…12	3…4
Діаметр ротора, м	0,5	0,5	0,98	0,63	0,63	0,63	0,5
Довжина м	0,225	0,39	0,41	0,36	0,40	0,59	0,5
Колова швидкість, м\с.	77	71,3	76	96	96	96	78

Кут обхвату ротора декою, град	90	150	230	230	230	230	270
Число молотків	102	120	160	96	50	144	120
Товщина, мм	2	4	2	4	4	3	4
Зазор між молотками і решетом, мм	5…10	5…10	12..15	12…15	12…15	12..15	5…10
Встановлена потужність, кВт	20	30	55	45	55,8	100	32,2
Маса, т	0,7	1,0	1,96	1,5	1,9	2,95	1,13

В машинах відкритого типу матеріал подрібнюється молотками на шляху проходження ним по поверхні деки і виводиться із камери спеціальними пристроями. В сільському господарстві частіше використовуються дробарки закритого типу.

На рис. 1.3 зображено дробарку відкритого типу ДДМ, яка має дві регулюємі деки і живильник з автономним електродвигуном. Положення решета регулюється стальними стрічками. Мілкі камінці і крупні металеві домішки виводяться в лопушку між деками. Дробарка комплектується решетами з круглими отворами (3 і 5 мм) і лускоподібними решетами з шириною від гнуття 1.5 і 2.0 мм.

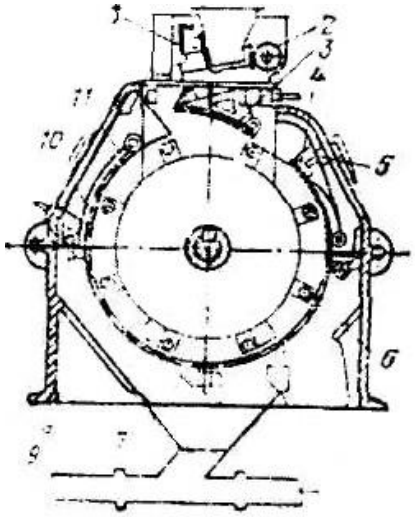


Рис. 1.3. Схема дробарки ДДМ

1-живильник; 2-вал; 3,4-деки; 5,7-гвинти; 6-молотки; 8-корпус; 9-пневмоприймач; 10-решето; 11-ротор.

На рис. 1.4 показано схему молоткової дробарки М-8 призначеної для подрібнення кукурудзи в качанах. Дробарка складається із двох зварних корпусів верхнього 6 і нижнього 5, з'єднаних болтами, ротора 16 з набором молотків 203х43х6.5 мм, рамки 18 з решетом 17. Привод здійснюється від електродвигуна потужністю 100 кВт при швидкості 2960 $с^{-1}$. колова швидкість кінців молотків 93.5 м/с, діаметр ротора – 604 мм.

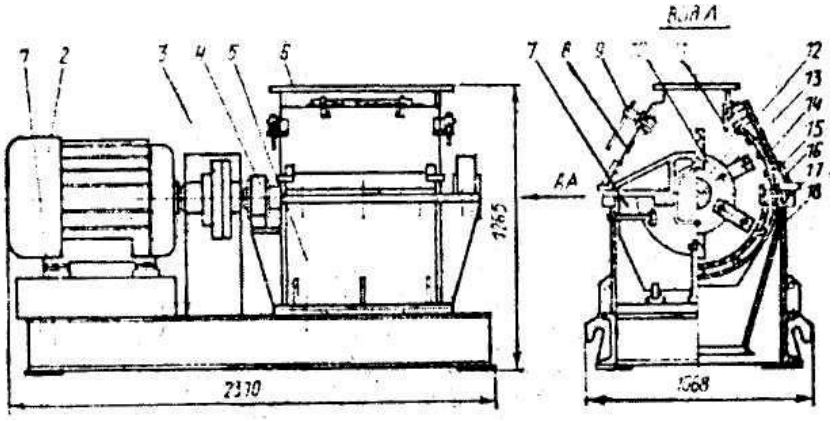


Рис. 1.4 Схема молоткової дробарки М-8

1-рама; 2-електродвигун; 3-муфта; 4-підшипник; 5,6-корпуси; 7,8-кришка; 9-замок; 10,13-молотковий ротор і вал; 14,15 – вісь і молоток; 16-ніж; 17-решето; 18-рама.

Дробарку використовують в трьох варіантах комплектації і як решітна дробарка, без решітна та комбінований варіант при використанні решета (18…20 мм) і колошникової деки. Ці варіанти використовують для різних матеріалів і очищених качанів та зерна, неочищених від обгорток качанів, та інших.

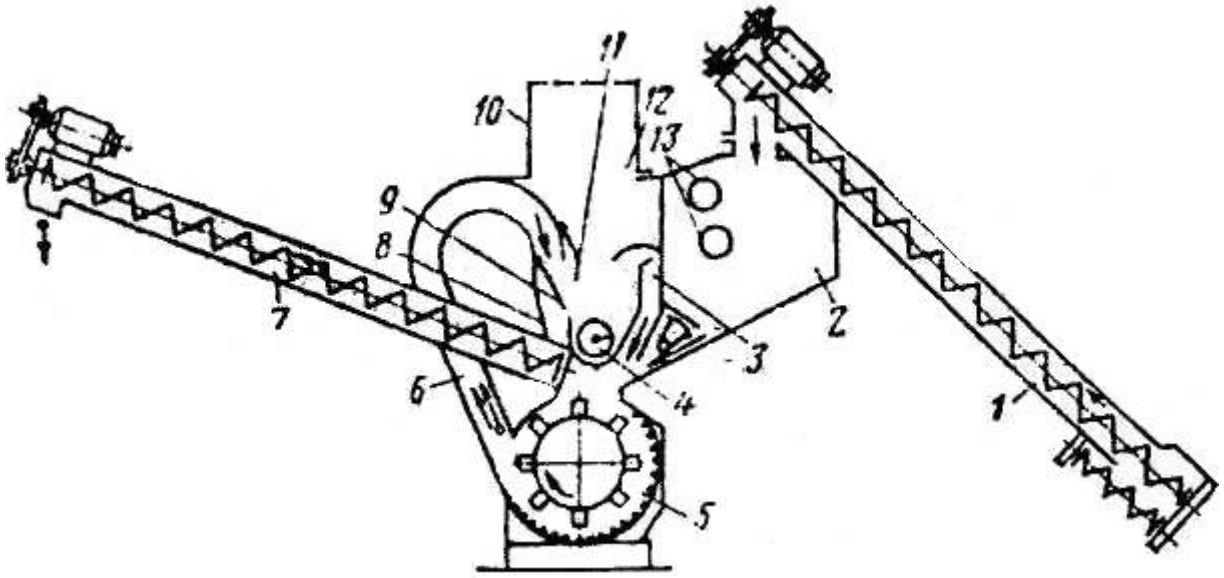


Рис. 1.5 Схема без решіткової дробарки ДБ-5.

1,7-завантажувальний та розвантажувальний конвеєри; 2-бункер для зерна; 3-канал для рециркуляції повітря; 4-гвинтовий конвеєр; 5 - подрібнювальна камера; 6-дефлектор; 8-зворотний канал; 9-засувка; 10-фільтр; 11- козирок; 12-розподільна камера; 13-датчики рівня зерна.

На рис. 1.5 наведено схему роботи без решітної дробарки ДБ-5, яка складається з бункера, корпуса , ротора і камери розподілу. Дробарка комплектується двома гвинтовими конвеєрами(шнеками) для завантаження дробарки і виведення готової продукції. Працездатність молоткових дробарок закритого типу відновлюють заміною молотків і решіт.

Молоткові дробарки при переробці кормів з різними фізико- механічними властивостями прості у конструктивному виконанні, надійні у використанні, компактні, а також високі швидкості робочих органів

дозволяють здійснити пряме з’єднання валу ротора з електродвигуном.

Технологічний результат подрібнення залежить від конструктивного виконання і кінематичних режимів робочих органів, їх взаємодії з подрібнювальним матеріалом, організації повітряного потоку та транспортуванню подрібненого продукту.

Дробарка ДДК. Для подрібнення збагачувальних сумішей комбікормів, що містять мікроелементи, антибіотики, вітаміни та інші добавки використовують дробарки типу ДДК. У чавуному корпусі 1 (рис. 1.6) змонтований ротор 10 з молотками, на одному валу з ним вентиляторне колесо 4, змінне сито 11 і нерухова дека 5. Вентиляторне колесо обертається в камері 3 корпуса дробарки.

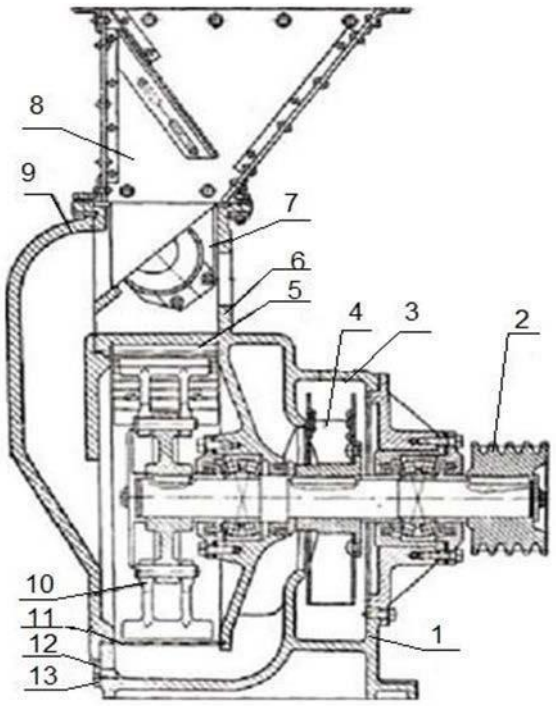


Рис.1.6 Молоткова дробарка ДДК: 1 – корпус; 2 – шків; 3 – камера для вентиляторного колеса; 4 – вентиляторне колесо; 5 – нерухоме деко; 6 – коробка для магніта; 7 – магніти; 8 – бункер; 9 – кришка; 10 – ротор; 11 – сито; 12 – планка; 13 – щілина для подачі повітря.

Дробарки ДКМ-5. Промисловістю випускаються безрешітні молоткові дробарки ДБ-5 і ДКМ-5. Вони уніфіковані між собою по основним робочим

органам [11, 12].

Робочий процепротікає наступним чином. Зерноподається в приймальний бункер 2 (рис. 1.7) завантажувальним шнеком 1. Перед попаданням в дробильну камеру 4 зерно очищається від металевих домішок під дією магнітного сепаратора 3 і після чого попадає в дробильну камеру 4. Подрібнення проходить в результаті дії обертаючого робота 6 з молотками 5 на зерно. При ударній дії шарнірно-закріпнених на роторі молотків 5 і дек 7 зерно подрібнюється і видалається із дробильної камери. Готовий продукт транспортується із дробильної камери на вивантажувальний шнек 8. Пройшовши через сепаратор зерно вивантажується в патрудок 8, а не до подрібнена фракція надходить назад в дробильну камеру.

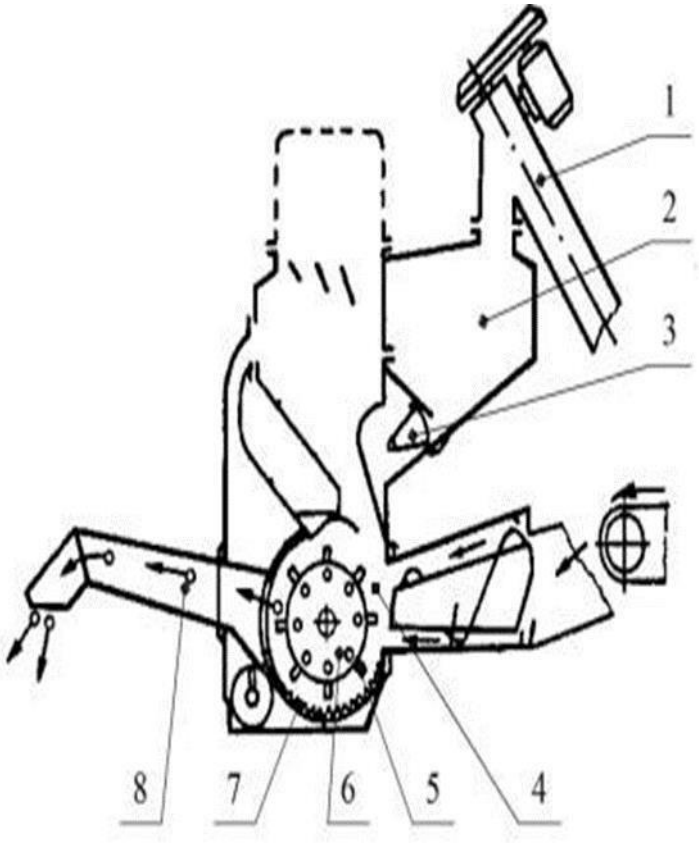


Рис. 1.7 Молоткова дробарка ДКМ-5: 1 – завантажувальний шнек; 2 – приймальний бункер; 3 – магнітний сепаратор; 4 – дробильна камера; 5 – молоток; 6 – ротор; 7 – дека; 8 – вивантажувальний патрубок

Зернові дробарки КДМ-3,0 призначена для подрібнення фуражного зерна на корм худобі і птиці та встановлюється в потокових технологічних лініях кормоцехів на тваринницьких фермах і комплексах [13]. Зернова дробарка КДМ-3,0 є модифікацією універсальнох дробарки КДУ-2,0. Відрізняється від неї тим, що немає подрібнювального апарату, живильного і підпресоваючого транспортерів для подрібнення грубих і соковитих кормів. Схема дробарки фуражного серна КДМ-3,0 представлена на рис. 1.8.

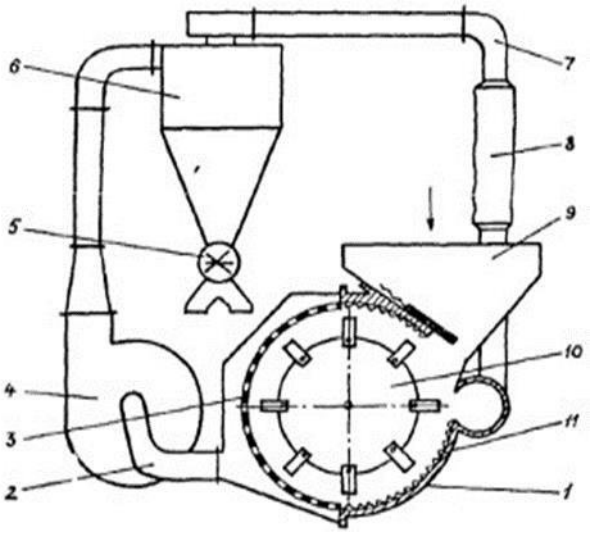


Рис. 1.8 Схема кормодробарки КДМ-3,0: 1 – корпус; 2 – подвійний патрубок; 3 – решета; 4 – вентилятор; 5 – шлюзовий затвор; 6 – циклону; 7 – трубопровід; 8 – фільтр; 9 – бункер; 10 – дробильний барабан; 11 – деки.

Основним недоліком даної дробарки є подрібнення зернового матеріалу з вмістом борошнистої фракції та велика енергоємність даного процесу.

У даний час найбільше розповсюдження отримали молоткові дробарки, що випускаються Нідерланською фірмою «VAN ARSEN». Конструкція даної дробарки досить проста, також в ній враховані вимоги що ставляться до кормів: можливість роботи в раціональних режимних параметрах; очищення подрібненої маси безпосередньо магнітним сепаратором, а також простота в

обслуговуванні, що дозволяє підібрати оптимальні параметри робочого процесу для любого кормоприготувального заводу.

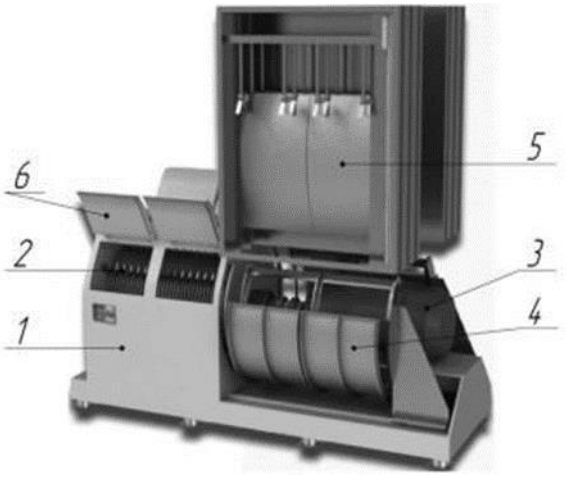


Рис. 1.9 Молоткова дробарка: 1 – корпус дробильної камери; 2 – молотковий ротор; 3 – електродвигун; 4 – змінне решето; 5 – шафа зі змінним решетом; 6 – кришка оглядового люка.

В Польщі випускається молоткова дробарка «Zuptor 3000R» (рис. 1.10). Дана дробарка має потужній електродвигун 22 кВт, продуктивність 2,4 т/год, а також може уловлювати важкі домішки [14].

Рис. 1.10 Дробарка «Zuptor 3000R

Виходячи з аналізу технічних характеристик такого виду конструкцій

можна зробити висновок, що для молоткових дробарок характерні велика витрата електроенергії, велика частка пилоподібних фракцій і швидке спрацювання деталей дробарки - молотків, решіт, дек[1,7-10,12- 19,21-23].

В результаті огляду науково-технічної літератури були виділено такі основні напрямки розвитку конструкцій молоткових дробарок:

Дане рішення також дозволяє зменшити спрацювання решета і підвищити якість одержуваних продуктів.

1.4 Класифікація та аналіз живильних пристроїв сипких матеріалів

Важливим конструктивним елементом у молоткових дробарках є заван- тажувальний бункер, який служить як проміжна ємність, забезпечує стабіль- ність процесу подачі подрібнюваного матеріалу до робочих органів дробарки.

Відомо, що витікання подрібнюваних матеріалів із завантажувального бункера буває нормальне, суцільне та гідравлічне. При нормальному витіканні частинки знаходяться лише у зоні стовпа матеріалу, розташованого над виван- тажним отвором бункера (рис. 1.11, а). Вільна поверхня подрібнюваного мате- ріалу є воронкою, вздовж стінок якої частинки подрібнюваного матеріалу пе- реміщуються в центральну зону. Матеріал, розташований біля стінок бункера, утворює так звані «мертві» зони. У цих зонах частинки матеріалу нерухомі доти, поки вирва, утворена на поверхні подрібнюваного матеріалу, не досягне нижньої частини завантажувального бункера.

При суцільному закінченні всі частки подрібнюваного матеріалу заван- тажувальному бункері знаходяться одночасно в русі (рис. 1.11, б). Вільна по-

верхня подрібнюваного матеріалу не має чітко вираженої вирви, всі точки цієї поверхні опускаються одночасно.

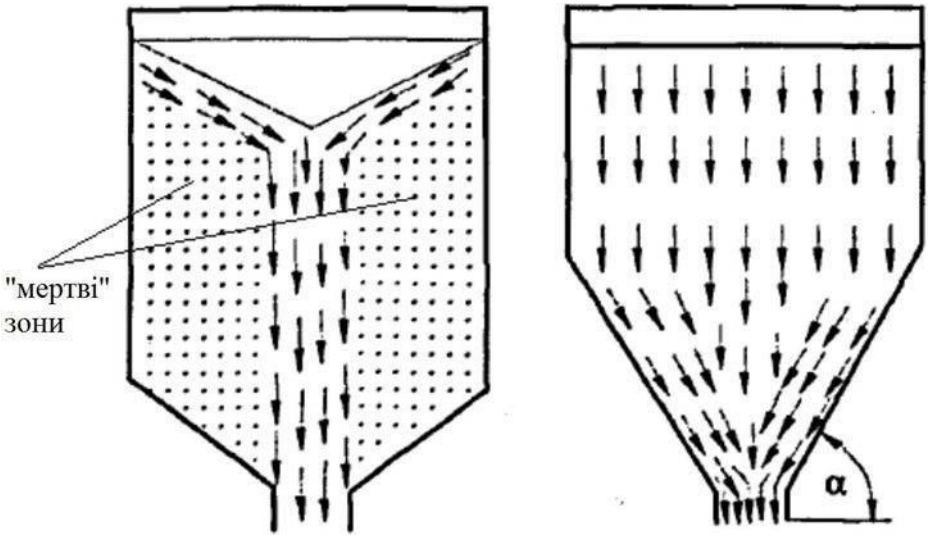


Рисунок 1.11 – Схеми закінчення сипких матеріалів із бункерів: а – нормальне; б - суцільне

При суцільній формі витікання в завантажувальному бункері відсутні «мертві» зони дозволяє вирівнювати нерівномірний потік подрібнюваного ма- теріалу. Гідравлічне витікання відбувається при випуску з бункера сильно ае- рованого подрібнюваного матеріалу, а також при інтенсивних вібраціях.

Досвід застосування різних конструкцій завантажувальних бункерів ви- явив ряд проблем витікання сипких матеріалів, що знижують ефективність процесу подачі подрібнюваних матеріалів до робочих органів молоткової дро- барки. Основними з них є: нерівномірне витікання, наявність «мертвих» зон у порожнині завантажувального бункера, утворення серединного течії та коли- вання продуктивності.

У зв'язку з цим доцільно всі матеріали поділити на дві групи: легкосипкі та важкосипкі. Важкосипкі матеріали в основному складаються з частинок не- правильної форми, мають великий коефіцієнт внутрішнього

та зовнішнього тертя, що сприяє механічній зчеплюваності між ними і перешкоджає процесу витікання.

Насипна щільність досліджуваних нами подрібнюваних матеріалів ста- новить 280...420 кг/м^3, що також призводить до їх поганої сипкості.

На підставі огляду наукових та патентних літературних джерел нами був проведений аналіз основних типів пристроїв живлення, що відповідають тех- нологічним вимогам – безперервності робочого процесу, надійності роботи та мінімальним витратам енергії. Класифікація живильників представлена на рис. 1.12.

При виборі та розробці живильного пристрою повинні враховуватися такі вимоги:

- здійснювати безперервну та рівномірну подачу матеріалу;
- забезпечувати необхідну пропускну здатність матеріалу до робочих ор- ганів дробарки;
- здійснювати подачу матеріалу до робочих органів молоткової дробарки з певною швидкістю.

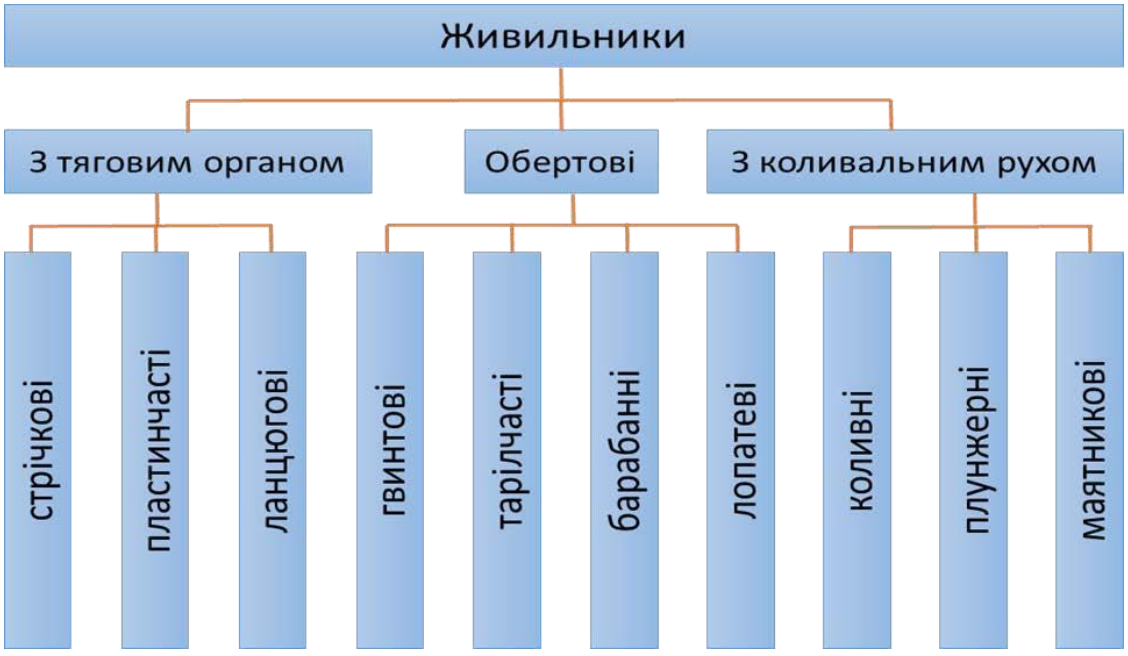


Рисунок 1.12 - Класифікація живильників

Стрічкові, пластинчасті та ланцюгові живильники отримали широке по- ширення в сільському господарстві для транспортування вологих та злежаних, а також крупнокускових матеріалів. Такого типу живильники не можуть бути використані в молоткових дробарках, тому що є неефективними через їх нері- вномірність подачі матеріалу.

Коливні, плунжерні та маятникові живильники також малозастосовні для рівномірного подання матеріалу. Найбільше застосування у конструкції молоткових дробарок знайшли живильники з робочим органом, що обертаєть- ся. Гвинтові живильники застосовуються для подачі добре сипких матеріалів від дрібнокускових до порошкоподібних. Недоліком гвинтових жи- вильників є їх висока енергоємність процесу, порівняно висока нерівномір- ність подачі матеріалу.

1.5 Завдання наукових досліджень

В результаті проведеного огляду і аналізу літературних джерел, конструктивних і технологічних схем, що розкривають питання процесу подрібнення зерна молотковими дробарками, прийшли до висновку, що необхідні подальші дослідження, спрямовані на вдосконалення конструктивних параметрів і режимів роботи молоткової дробарки закритого типу. Основною вимогою є зниження питомої енергоємності процесу подрібнення, збільшення пропускної здатності дробарок і підвищення якості готового продукту.

Відповідно до вищевикладеного, запишемо завдання наукових досліджень:

1. Удосконалити схему молоткової дробарки, що дозволяє збільшити площу робочих органів дробильної камери.
2. Теоретично обґрунтувати питому площу робочих органів дробарки, їх взаємодія з повітряним потоком і матеріалом, що подрібнюється.

2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ

2.1 Обґрунтування питомої площі робочих органів дробарки

Наймасовішою конструкцією дробарок, для подрібнення зернових та зернобобових культур, які представлені на ринку і користуються попитом у фермерів та невеликих індивідуальних господарств є молоткові дробарки закритого типу[1,7-10,12-19,21-23]. Тому для дослідження процесу подрібнення зерна, визначення конструкційних залежностей, енергоємності розглянемо саме таку конструкцію дробарки.

Для проведення теоретичних досліджень[25], щодо вдосконалення робочого процесу подрібнення зерна представлено робочу схему молоткової дробарки закритого типу(рис.2.1) і на основі даної схеми можемо записати аналітичні залежності робочого процесу, що дозволяють визначити оптимальні значення конструктивних параметрів робочих органів та режимів роботи дробарки.

В процесі подрібнення беруть участь такі робочі органи: молотки, дека, решета, робоча поверхня (поверхня, що впливає на подрібнювальний матеріал) яких для виділеного об'єму *dV* (рис 2.1) дорівнює *dS*.

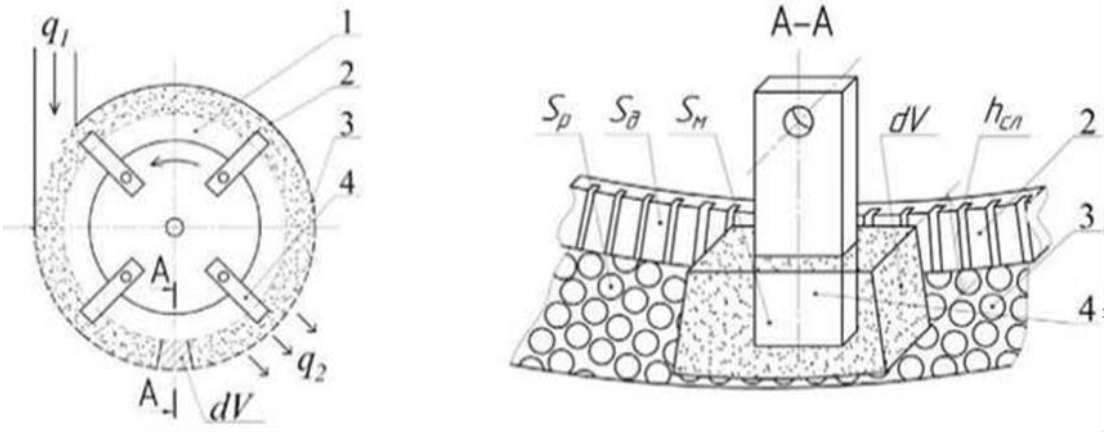


Рис. 2.1 - Схема молоткової дробарки закритого типу: 1 – дробильна камера; 2 - дека; 3 - решето; 4 – молоток

Диференціальне рівняння для сталого процесу запишеться:

$$dm = \chi \cdot S_П \cdot dV, \tag{2.1}$$

де m - поточна кількість готового продукту, що утворюється в процесі впливу поверхні робочих органів на подрібнювальний матеріал, кг/с;

X - інтенсивність подрібнення, кг/(с·м^2); $S_П$ - площа поверхні робочих органів на одиницю об'єму повітряно-продуктивного шару, м^2/м^3;

dV - елементарний об’єм повітряно-продуктивного шару, м^3.

Питома площа робочих органів дробарки визначиться:

$$S_{П} = \frac{S_м + S_д + S_р}{V_{Ш}}, \tag{2.2}$$

де $S_м$ - сумарна площа завантаженої частини молотків,

м^2; $S_д$ - площа дек, м^2;

$S_р$ - площа решета, м^2;

$V_Ш$ - об'єм повітряно-продуктивного шару, м^3.

Питома площа робочих органів дробарки $S_П$, що бере участь в процесі подрібнення зерна за рахунок первинних ударів активними елементами молотками, сумарна площа яких становить $S_м$, і вторинних ударів об пасивні робочі органи - деки і решето, площа яких відповідно рівні $S_д$ і $S_р$, залежить від ряду чинників:

$$S_П = \frac{q_1 \cdot F_ц \cdot z \cdot n \cdot \tau \cdot \rho \cdot \mu_з \cdot \nu_{вд}^2}{2 \cdot k \cdot M_з \cdot \left[C_1 \lg \lambda^3 + C_2(\lambda - 1) \right]}, \tag{2.3}$$

де q_1 - подача вихідного матеріалу, кг/с;

$F_ц$ - частка готового продукту при подрібненні циркулюючого шару;

z - число молотків ротора, шт.;

n - частота обертання, с$^{-1}$;

τ - час перебування матеріалу в дробильної камері, с;

ρ - щільність матеріалу, що подрібнюється, кг/м^3;

μ_3 - масова частка матеріалу в повітряно-продуктивному шарі, кг/кг

$v_{вд}$ - швидкість молотків щодо шару, м/с;

k - константа швидкості подрібнення, кг/(с·м^2);

$M_з$ - кількість матеріалу в дробильній камері в масових одиницях, кг;

C_1, C_2 - емпіричні коефіцієнти, що характеризують питомі енерговитрати подрібнення матеріалу, Дж/кг;

λ - ступінь подрібнення.

2.2. Дослідження взаємодії робочих органів дробарки з частинкою, що подрібнюється

Для дослідження взаємодії робочих органів молоткової дробарки із зерновим матеріалом приймаємо такі наближення: зернівка, що подрібнюється, має правильну кулеподібну форму, робоча кромка молотка і дека це площина, а удар молотка по зернівці - пружний.

Оскільки маса молотка М набагато більша за масу частинки m (M >> m), за систему відліку координат слід приймати «систему молотка» (рисунок 2.2).

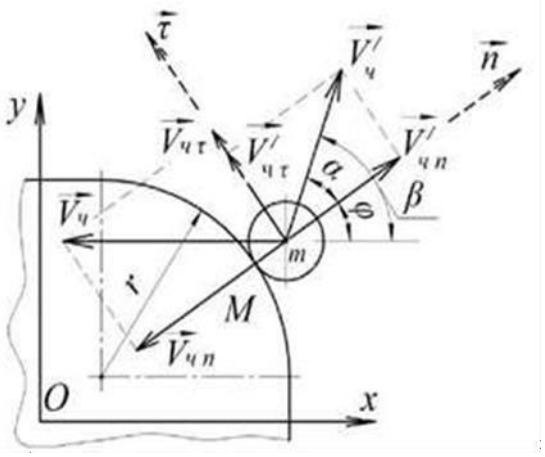


Рисунок 2.2 – Момент удару заокругленої кромки молотка і частинки зернівки

Тоді відносна швидкість $V_в$ підльоту частки до поверхні молотка визначається за формулою:

$$V_в = |V_м| - |V_ч|, \quad (2.5)$$

де $|V_м|$, $|V_ч|$ – модулі швидкостей молотка і частинки зернівки, що подрібнюється відповідно, м/с

Визначимо нормальну $V'_{чп}$ і тангенціальну $V'_{чт}$ складові швидкості відскоку подрібнювальної зернівки (або її частинки) $V'_ч$ від поверхні молотка з врахуванням сил тертя з наступних рівнянь 2.5, 2.6:

$$V'_{чп} = k \cdot V_{чп} = k \cdot V_в \cdot \cos\varphi, \tag{2.5}$$

$$V'_{чт} = V_{чт} - (1+k) \cdot f \cdot V_{чп} = V_в \cdot \left[tg\varphi - (1+k) \cdot f \right] \cdot \cos\varphi, \tag{2.6}$$

де k – коефіцієнт відновлення швидкості після удару;

φ – кут падіння частинки на кромку молотка;

f – коефіцієнт тертя подрібнювального матеріалу по поверхні молотка.

Модуль швидкості відльоту частки від кромки молотка дорівнює:

$$\left|V'_ч\right| = \sqrt{V'^2_{чп} + V'^2_{чт}} = V_в \cdot \sqrt{k^2 + \left[tg\varphi - (1+k) \cdot f \right]^2} \cdot \cos\varphi, \tag{2.7}$$

Досліджуємо взаємодію подрібнювальної зернівки і неактивного робочого органу дробарки - дека в системі $x'O'y'$ на прикладі рисунка 2.3, враховуючи що кут відскоку частинки від поверхні молотка дорівнює $\beta = \varphi + \alpha$.

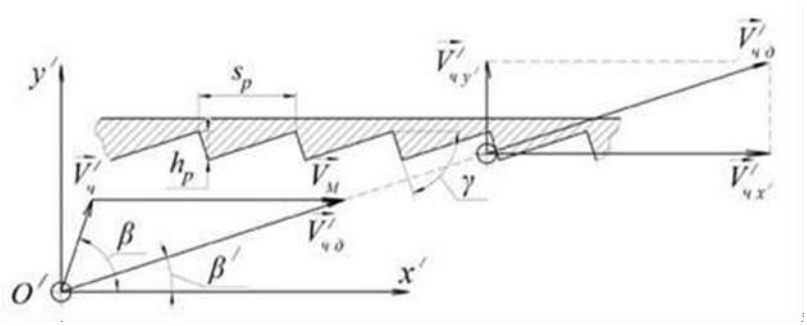


Рисунок 2.3 – Схема взаємодії зернівки з робочою поверхнею деки

Тоді швидкість частинки $V'_{чд}$ після удару молотка в проекціях на вісь x' і y' визначимо з рівнянь (2.8 і 2):

$$V'_{чx'} = V_м + V'_ч \cdot \cos\beta, \tag{2.8}$$

$$V'_{чy'} = V'_ч \cdot sin\beta, \tag{2.9}$$

Визначимо кут траєкторії руху частинки β' до дека з формулою:

$$\beta' = arctg \frac{V'_{чy'}}{V'}, \tag{2.10}$$

Визначимо крок рифів на деці s_p враховуючи кут траєкторії руху частинки β' до дека, кут нахилу робочої поверхні рифа дека γ відносно торцевої стінки камери дробарки.

На основі проведених розрахунків, при заданих значеннях параметрів $V_м$ = 60...80 м/с, k = 0,4 і f = 0,37 визначаємо швидкість і кути траєкторії руху частинки від моменту удару її молотком і до контакту з робочою поверхнею деки β'= 6...13º. Також розраховані геометричні параметри поверхонь дек, що розташовані по колу в між молотковому просторі: кут нахилу робочої поверхні рифа деки γ = 90˚ - β'= 90-(6...13º) =

77...84º і крок рифів s_p, який і визначає кількість рифів на кільцевих деках z. Результати розрахунку кроку рифів, залежно від їх висоти і кута траєкторії руху частинки від поверхні молотка до поверхні дека подані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахунок кроку рифів на дека.

Висота рифів дека h_p, мм	3	4	5	6	7	8
Крок рифів дека s_p, м	14	18	23	27	32	36

2.4. Будова та принцип роботи ротаційного подрібнювача.

Дробарка А1-ДМР-6 (рис. 2.4) призначена для подрібнення зерна злакових, кукурудзи, плівчастих культур, бобів, зернових сумішей, шроту, дрібношматкової макухи, гранул трав'яної муки на підприємствах комбікормової промисловості.

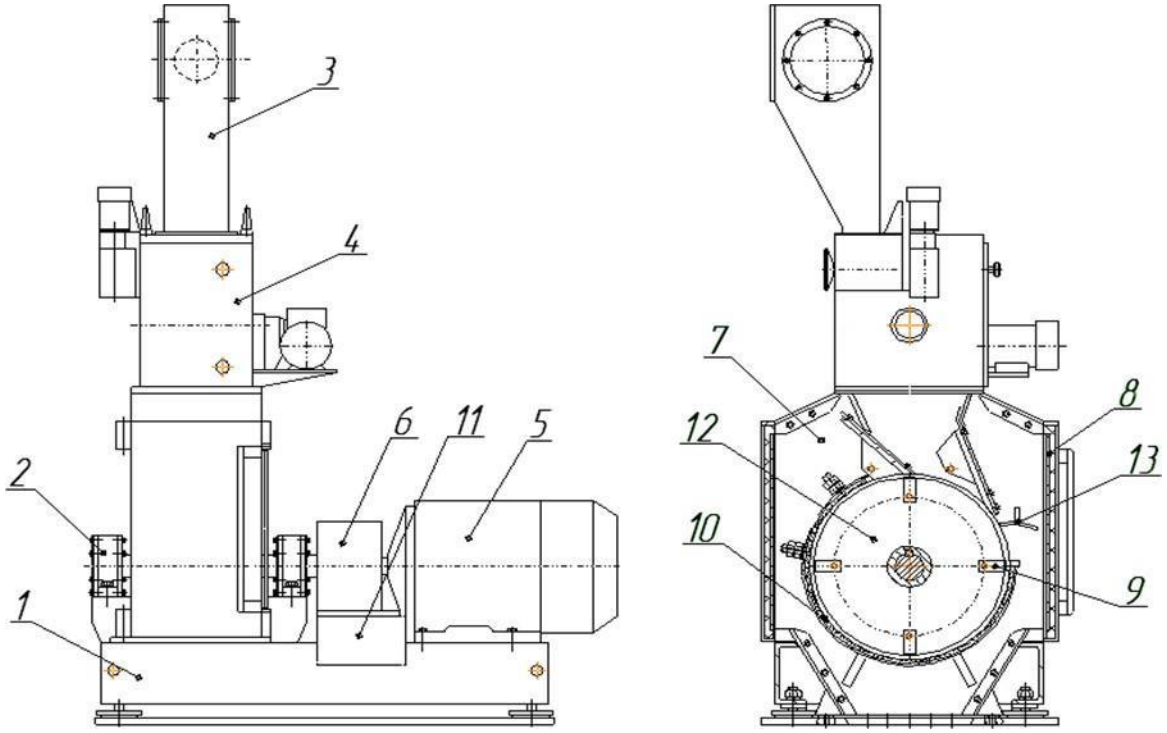


Рис. 2.4 Загальний вигляд дробарки А1-ДМР-6:

1 – станина; 2 – шарикопідшипники; 3 – вибухорозрядник; 4 – живильник; 5 – електродвигун; 6 – муфта; 7 – корпус; 8 – дверка; 9 – молоток; 10 – дека; 11 – клемний ящик; 12 – ротор; 13 – ротор

Основними вузлами дробарки типу А1-ДМР-6 є: рама, станина, молотковий ротор, корпус, дві дверці, живильник, муфта, вибухорозрядник і електроустаткування.

Основним робочим органом дробарки є молотковий ротор 12, з валом, що спирається на два сферичні шарикопідшипники 2. В середній частині валу встановлені диски із осями для підвіски молотків 9. На валу встановлено два крайні диски, призначені для фіксації осей від подовжнього зміщення і

кріплення вантажів при балансуванні ротора. Фіксація осей від подовжнього зміщення забезпечується поворотом заглушок за годинниковою стрілкою до заклинювання в крайньому подвійному диску. Для вибивання осей при заміні молотків заглушки необхідно повернути у зворотному напрямі. Молотки встановлюються на чотирьох осях.

Ротор приводиться в обертання від двигуна 5 через еластичну муфту 6. Підшипникові вузли ротора і двигун приводу ротора встановлені на станині 1 зварної конструкції із швелерів, оснащеній віброізолюючими опорами для установки і фіксації на рамі. Рама також виконана зварною із швелерів і призначена для установки і фіксації на ній станини, кріплення корпусу дробарки і клемного ящика 11. Рама забезпечена фундаментними болтами для установки при монтажі на бетонному фундаменті.

Корпус 7 дробарки складається з верхньої і нижньої частин і призначений для монтажу і кріплення на ньому дек 10, направляючої для дек.

Нижня частина корпусу також зварна. Нижніми фланцями вона кріпиться до рами чотирма болтами для підєднання самопливу або пневмоприйомнику.

Таким чином, корпус дробарки жорстко закріплений на рамі і не стикається із станиною - джерелом підвищеної вібрації.

Для обслуговування дробарки при заміні молотків, дек є дві дверці 8 прямокутної форми, які встановлені на вертикальних петлях, що забезпечують вільний доступ до робочих органів дробарки, і

відкриваються в різні боки.

Живильник 4 дробарки призначений для рівномірної подачі сировини в дробильну зону, для регулювання кількості сировини, що подається, і для очищення сировини від металомагнітних домішок.

Живильник складається з корпусу, магнітного барабана, механізму регулювання подачі сировини і приводу. Корпус живильника має дві дверці для обслуговування - у верхній і нижній частині, фланці, які призначені для

підєднання взриворозрядної камери, самопливу сировини і кріплення живильника до корпусу дробарки. В нижній частині корпусу встановлений лоток із магнітами і екраном із немагнітного матеріалу. Лоток періодично висувається для очищення від металомагнітних домішок. Механізм регулювання подачі сировини включає дві заслінки і привід заслінки. Одна із заслінок може переміщатися при включенні двигуна приводу заслінки в напівавтоматичному і дистанційному режимах управління, або при обертанні маховичка приводу заслінки при ручному управлінні. Друга заслінка має два вирізи, в межах яких відбувається регулювання подачі сировини приводноюзаслінкою.

Муфта 6, з’єднує вали ротора і приводного електродвигуна 5, складається з двох напівмуфт, зв'язаних між собою гнучкими елементами із прогумованої стрічки.

Вибухорозрядник 3 є зварним коробом, що має три отвори із заглушками для підєднання до одного з них, залежно від умов монтажу, взриворозрядного пристрою.

Електроустаткування дробарок забезпечує автоматичний, дистанційний і ручний режими регулювання подачі сировини, реверсування ротора, електроблокування напряму обертання ротора із положенням дек, блокування заборони пуску дробарки при відкритих дверцях, блокування запобігання завалу дробарки при несправності

транспортного пристрою, що відводить подрібнений продукт.

Подрібнення сировини в дробарках відбувається наступним чином. Сировина, поступаючи по самопливу в живильник, очищається на магнітному барабані від металомагнітних домішок і розподіляючись рівномірним шаром по довжині барабана, подається в дробильну зону. Зерно подрібнюється періодичними ударами молотків та відкиданням зерна о деку, яка додатково подрібнює, ударяється об пластину 13 та попадає в самоплив і виводиться із машини.

Основні характеристики дробарки А1-ДМР-6 наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.1

Назва параметру	**Значення**
Технічна продуктивність, т/год.	6
Потужність електродвигуна, кВт	37
Розміри ротора, мм діаметр ширина	 646 400
Кількість молотків, шт.	24
Зазор між декою та молотками, мм	15
Колова швидкість молотків, м/с	98
Розміри молотків, мм довжина ширина висота товщина	 90 40 60 4
Частота обертів ротора, об/хв..	1500
Габаритні розміри, мм: (довжина х ширина х висота)	 1850х1985х1220
Маса , кг	1800

Висновки по розділу 2.

Проведені теоретичні дослідження дозволять визначати конструкційні параметри такого типу дробарок на стадії проектування, що дозволить зекономити час і кошти на проведення безлічі додаткових експлуатаційних випробувань.

1. Також під час проведення теоретичних досліджень було записано залежності для визначення: питомої площі робочих органів молоткової дробарки; витрат потужності на тертя і вентиляцію в режимі

холостого ходу; крок рифів на деці, що дозволить встановити найоптимальніші конструкційно-режимні параметри роботи.

2. Досліджено, що установка дек по колу в між молотковому просторі забезпечить гальмуючі умови повітряно-зерновому потоку, що збільшить вірогідність зіткнення зернівок з робочими органами дробарки, а це в свою чергу сприяє інтенсифікації процесу подрібнення. Хоча слід відмітити про збільшення енергетичних затрат за рахунок збільшення сил тертя повітряного потоку об пасивні робочі органи.

3. При найбільшому куті траєкторії руху частинки від поверхні молотка до поверхні дека β', яке становить 6…13˚, кут робочої грані рифа деки γ відносно торця стінки робочої камери зернодробарки повинен знаходитись в межах 77…84˚.

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Програма експериментальних досліджень

У відповідності до поставлених задач, а також з метою підтвердження адекватності теоретичних обґрунтувань, програмою експериментальних досліджень передбачалося розглянути наступні питання:

- визначити показники міцності зерен найбільш поширених злакових культур на стискання в умовах статичного і динамічного навантажень;

- встановити залежність якості та енергоємності процесу подрібнення зерна від конструктивних параметрів та режимів роботи подрібнювача;

- визначити вміст основної фракції в подрібненому зерновому матеріалі в залежності від конструктивних параметрів і режимів роботи подрібнювача;

- обґрунтувати конструктивно-кінематичні параметри і режими роботи завантажувального пристрою зернових матеріалів малої продуктивності;

- шляхом аналізу регресійних моделей визначити раціональні параметри і режими роботи ротаційного подрібнювача зерна та оцінити адекватність результатів теоретичних досліджень.

3.2 Результати досліджень питомої площі робочих органів дробарки

На основі проведеного інформаційного пошуку та проведених теоретичних дослідженнях була запропонована удосконалена схема молоткової дробарки закритого типу. Принцип роботи подібний принципу роботи дробарки закритого циклу, що описаний в розділі 1. Особливою відмінністю є удосконалення базової конструкції встановленням додаткових дек у між молотковий простір для інтенсифікації процесу подрібнення. Тому уточнимо технологічний процес подрібнення враховуючи наше удосконалення і схеми за рис 2.1. і 2.2.

Для переходу від схеми дробарки до фізичної моделі нам необхідно записати результати теоретичних досліджень у вигляді множин і їх залежностей у графічному відображені, щоб на основі їх аналізу можна було визначити найкращі варіанти для конкретного виробничого завдання.

На основі рівняння 2.2 і 2.3 була побудована графічна залежність (рисунок 3.1) питомої площі робочих органів молоткової дробарки зерна від зміни швидкості взаємодії робочої поверхні молотків з матеріалом, що подрібнюється і пропускною

здатністю при заданих конструкційних параметрах дробарки. В розрахунках приймаємо: довжина робочої камери L = 0,105 м, Поперечний переріз робочої камери (діаметральний переріз) S_d = 0,0462 м^2, Площа вихідного решета S_p = 0,145 м^2.

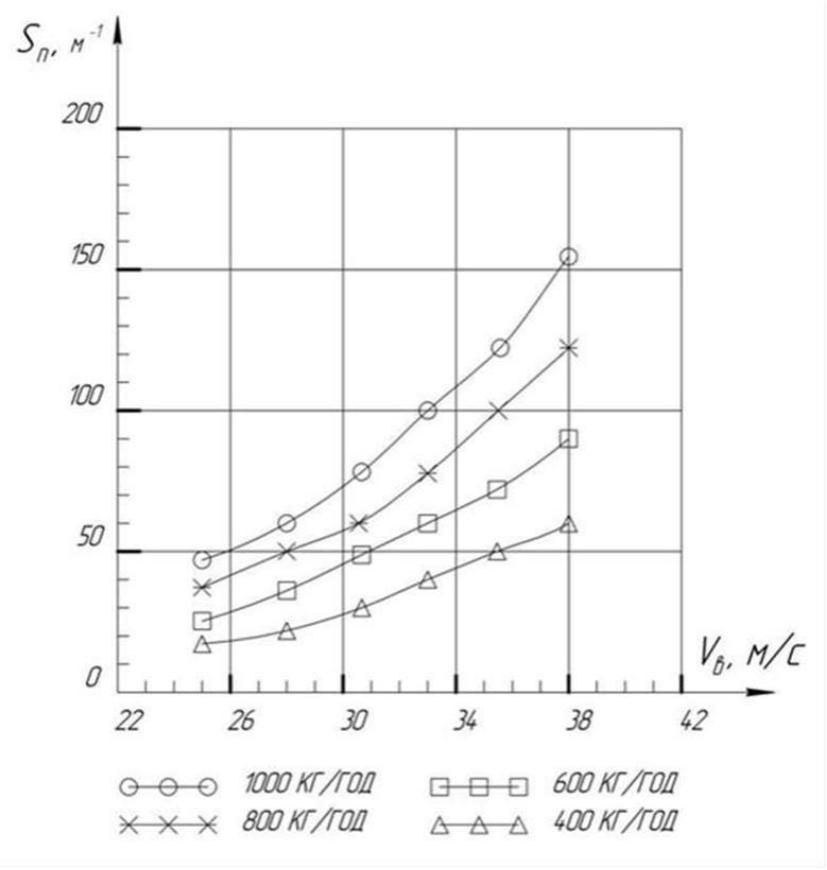


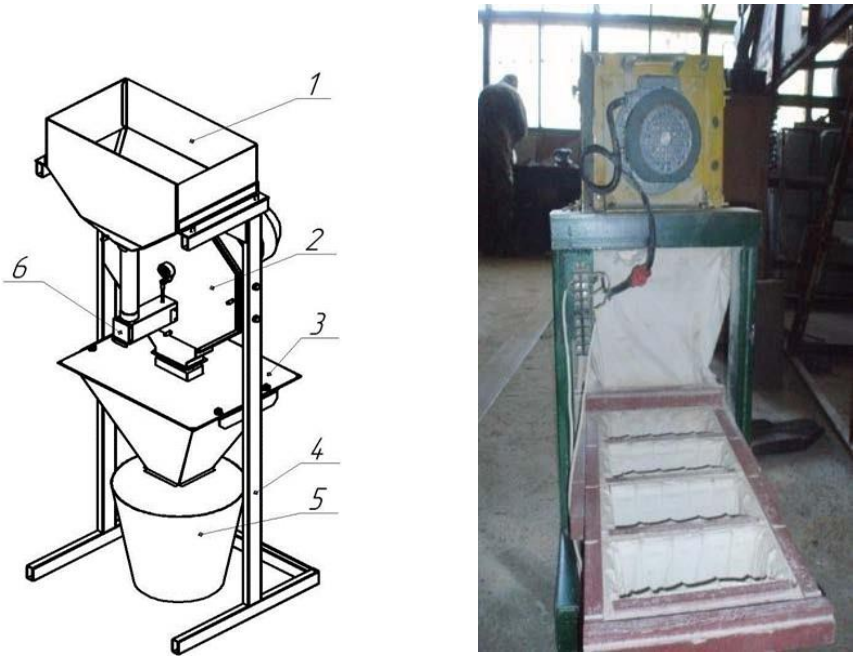
Рисунок 3.1 – Графічна залежність питомої площі робочих органів дробарки $S_п$ від зміни відносної швидкості молотків $V_в$ і пропускної здатності дробарки

Питома площа робочих органів дробарки S_n, що безпосередньо виконують процес подрібнення зерна поділяється на площу активних $S_м$ (робоча поверхня молотків) і площу пасивних робочих поверхонь деки $S_д$ і решета $S_р$, і їх величина залежить від ряду чинників. Основними з них є: механіко-технологічні і фізичні властивості матеріалу, що подрібнюється, вид подрібнювальної поверхні параметрів машини і режиму роботи.

Дослідження процесу подрібнення зерна експериментальним пристроєм

3.3.1. Лабораторна установка та обладнання

Для дослідження процесу подрібнення зерна в лабораторних умовах розроблено і виготовлено експериментальний пристрій (рис. 3.2,а), що включає закріплені на рамі 4 завантажувальний бункер 1, корпус подрібнювача 2, приймальний бункер 3 зі змінною ємкістю 5 для подрібненого матеріалу та механізм для забезпечення рівномірної подачі зерна 6.



а) б)

Рис. 3.2. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) лабораторного зразка експериментального подрібнювача

При проведенні лабораторних досліджень, для зручності зміни параметрів і режимів роботи подрібнювача, завантажувальний і приймальний бункери були демонтовані з рами, а передня стінка подрібнювальної камери була замінена на прозору (рис. 3.6, б), що дозволило за допомогою цифрової відеокамери JVC GR-D23E (рис. 3.7.) зафіксувати та дослідити процес подрібнення зерна різними типами лопаток при змінних параметрах та режимах роботи подрібнювача.

Подрібнювач зерна працює наступним чином. Зернова маса завантажується в бункер 1, вмикається електродвигун подрібнювача 2 і відкривається заслінка зернопроводу, який з'єднує бункер 1 з механізмом рівномірної подачі зерна 6. За рахунок вібрації площини, зерно через завантажувальне вікно рівномірно надходить до камери подрібнювання і під дією сили тяжіння падає вниз до ребристої деки, зустрічаючись на цьому шляху з бильним елементом подрібнювача. В результаті удару бильного елементу по зерновій масі остання руйнується і відкидається зі швидкістю $v_З$ □ $V_Л$ до ребристої деки, де процес руйнування завершується і подрібнені частинки зерна через отвори решіт виходять з камери подрібнювання в приймальний бункер 3. При наповненні бункера 3 відкривається заслінка і готовий матеріал перевантажується в змінну ємкість 5.

3.4. Дослідження завантажувального пристрою подрібнювача

В результаті проведення попередніх досліджень було встановлено, що забезпечити рівномірну стабільну подачу зернових матеріалів в зону подрібнення з продуктивністю в межах 13,9…27,8 г/с існуючими дозуючими пристроями практично неможливо. Це викликало необхідність розробки принципово нової конструкції пристрою малої продуктивності для рівномірної подачі зернових матеріалів в камеру подрібнення (рис. 3.3).

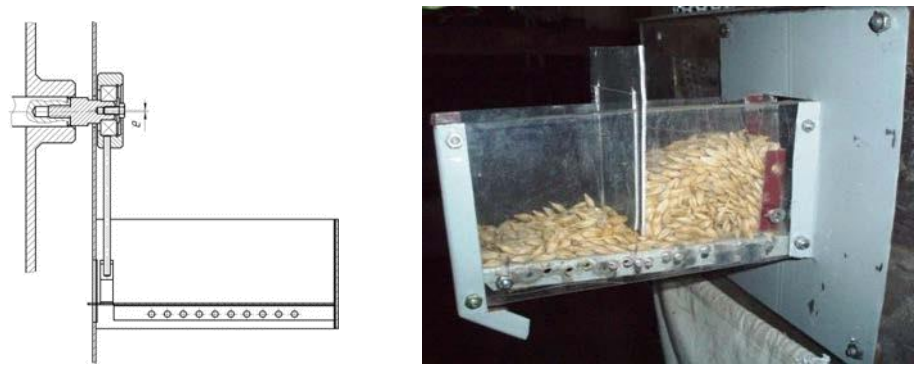


Рис. 3.3. Конструктивна схема та загальний вигляд пристрою з вібруючим дном для забезпечення подачі зерна в камеру подрібнення

Пристрій складається з камери з рухомим дном, один кінець якого шарнірно закріплений в камері, а другий здійснює зворотно-поступальний рух у вертикальній площині з частотою обертання диска подрібнювача в межах 314с$^{-1}$ та малою амплітудою (1…3 мм). Отже, ми маємо пристрій з вібруючим дном.

3.4.2. Методика досліджень

В процесі проведення попередніх теоретичних досліджень виникла необхідність розрахувати коефіцієнт, який характеризує показник кінематичного режиму роботи пристрою для рівномірної подачі зерна. Для цього провели дослід, в якому визначили час проходження зернини по вібролотку при різних значеннях частоти його коливань:

- змінний фактор – частота обертання ω;
- основний рівень - x_{0i}=314 с$^{-1}$;
- верхній та нижній рівень варіювання відповідно x_i^+= 418с$^{-1}$, x_i^-= 209с$^{-1}$.

Функцією відгуку є час проходження зернини по вібролотку. Для фіксації функції відгуку, було застосовано зйомку процесу на цифрову відеокамеру (рис. 3.3), а при перегляді знятого відео в сповільненому режимі визначили шуканий час.

Значення замірів, необхідні для визначення коефіцієнта,що характеризує кінематичний режим роботи ωзавантажувального пристрою занесли в таблицю 3.2. За даними табл. 3.2 згідно з залежністю $k = b\,\omega$ (див. підрозд. 2.4)визначимо величину показника кінематичного режиму b, яка необхідна для подальших розрахунків: b =116. Тоді $k = \frac{6}{11}$. Швидкість проходження зернини по поверхні вібролотка визначали за виразом (2.61), а подачу зернового матеріалу до камери подрібнення – за виразом (2.62).

Подача зернової маси до подрібнювальної камери регулюється шляхом зміни режимів роботи пристрою для дозування зерна

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнту k, що враховує кінематичний режим роботи вібролотка

Частота обертання кривошипа, ω, $с^{-1}$. 209	Час проходження зернини по вібролотку, t, с. 2,1	Коефіцієнт, що враховує кінематичний режим роботи вібролотка (k)
314	0,9	0,59
418	0,8	0,34
		0,25

Конструктивні параметри та режими роботи завантажувального пристрою подрібнювача

Ефективність роботи подрібнювачів в значній мірі залежить від рівномірної дозованої подачі зернових матеріалів до подрібнюючих робочих органів. Існуючі конструкції дозуючих пристроїв задовільно працюють при достатньо великих подачах .

Для забезпечення рівномірної подачі зернових матеріалів до камери подрібнювання була розроблена конструкція пристрою з вібролотком, один кінець якого шарнірно закріплений в корпусі пристрою, а інший здійснює зворотно-поступальні переміщення у вертикальній площині з високою частотою (до 400 $с^{-1}$) та малою амплітудою (рис. 3.4). Розміри корпуса

пристрою і розміри вивантажувального вікна були попередньо розраховані, виходячи з умови забезпечення необхідної продуктивності. Амплітуда коливань дна (радіус кривошипа, або ексцентриситет) та точки його підвішування з метою забезпечення рівномірного переміщення матеріалу до подрібнювальної камери визначались теоретично і уточнювалась в ході проведення експериментальних досліджень.

Було встановлено, що параметри і режими роботи пристрою, визначені в результаті розрахунків, забезпечують стабільну рівномірну подачу зернової маси до подрібнювальної камери з можливістю регулювання в межах 13,9…27,8 г/с, що відповідає умовам проведення досліджень якості роботи подрібнювача зерна.

Фізико-механічні властивості зернових матеріалів

Розробка технічних засобів для подрібнення зернових матеріалів та визначення їх конструктивних параметрів і режимів роботи повинні здійснюватися з врахуванням фізико-механічних властивостей цих матеріалів. Частково властивості основних культур, зерно
яких використовується для приготування комбікормів, були розглянуті в попередніх розділах, але деякі з них, особливо показники міцності, недостатньо повно висвітлені в літературних джерелах і потребують додаткових досліджень.

Дослідженню підлягали чотири характерні культури, зерно яких найбільш часто використовується для годівлі сільськогосподарських тварин в подрібненому вигляді: кукурудза, пшениця, ячмінь та овес. Згідно з методикою, для досліджень відбирали партії по 100 типових зернин кожної культури з вологістю в межах 11…13% і характерними для певного сорту показниками (розмір, колір, маса). Для кожної партії шляхом статистичної обробки результатів замірів визначили середні значення розмірно-вагових характеристик (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Розмірно-вагові характеристики зернових матеріалів

Культура	Розміри зерна, мм			Маса зернини, m, г.	Площа поверхні S_3, мм^2	Об'єм зернини V, мм^3
	Довжина, l	Ширина, b	Товщина, a			
Кукурудза	11,0	8,4	4,6	0,253	227,47	302,11
Пшениця	7,0	3,4	3,0	0,043	65,03	37,24
Овес	10,8	3,0	2,3	0,040	77,08	26,95
Ячмінь	10,4	3,9	3,1	0,053	99,81	52,29

Природна механічна міцність зерна коливається в широких межах залежно від культури, сорту, вологості зерна та його розмірів. Опір роздавлювання зернини залежить від внутрішнього та зовнішнього механічного пошкодження зерна. В залежності від напряму прикладання числові значення руйнівних сил стискання зернини відрізняються: в разі статичного стискання зерна різних культур менш міцні у поздовжньому напрямку. Найміцнішим є зерно кукурудзи, найменш міцним – вівса.

Середні величини руйнівної сили для зерен досліджуваних культур та відносне стискання зерен до початку їх руйнування наведені у табл. 4.2.

Таблиця 3.3.

Середні величини руйнівної сили для зерен різних культур та абсолютна деформація до початку їх руйнування

№ п/п	Зерно	Руйнівна сила, Н	Переміщення рухомого диску деформатора δ , мм
1	Пшениця	95	0,31
2	Ячмінь	173	0,4
3	Овес	75	0,25
4	Кукурудза	236	0,25

За даними проведених досліджень побудували графічні залежності абсолютної деформації зерен досліджуваних культур від статичних навантажень стиску (рис. 3.4).

Аналіз кривих показав, що в залежності від культури, при дії на зернину статичного навантаження (швидкість переміщення рухомої опори деформатора становить 0,1мм/с) в певний момент починається її руйнування, причому зерно кукурудзи руйнується при значно більших зусиллях, ніж зерна інших досліджуваних культур, але при порівняно малих деформаціях.

Найбільші абсолютні деформації спостерігаються у зерен ячменю (таблиця 3.3), при порівняно менших зусиллях руйнування (рис. 3.4)

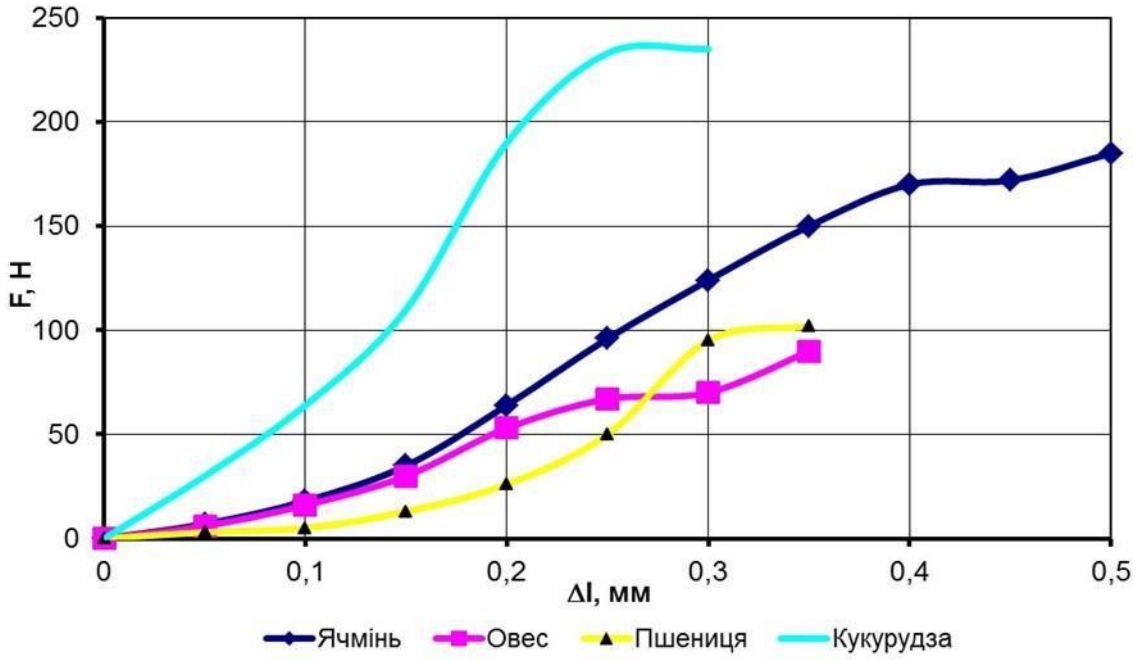


Рис. 3.4 Залежності деформування зерен різних культур від статичного навантаження

Результати експериментальних досліджень показали, що показники міцності зерна залежать від багатьох чинників і змінюються в значних межах, тому цю обставину слід враховувати при розробці та аналізі роботи подрібнюючого пристрою.

Вплив основних параметрів та режимів роботи дробарки на якість подрібнення зерна

Для підтвердження теоретичних залежностей, наведених у другому розділі, провели ряд експериментальних досліджень, в результаті чого визначили залежність якості подрібнення зернового матеріалу від конструктивних параметрів подрібнювача та режимів його роботи.

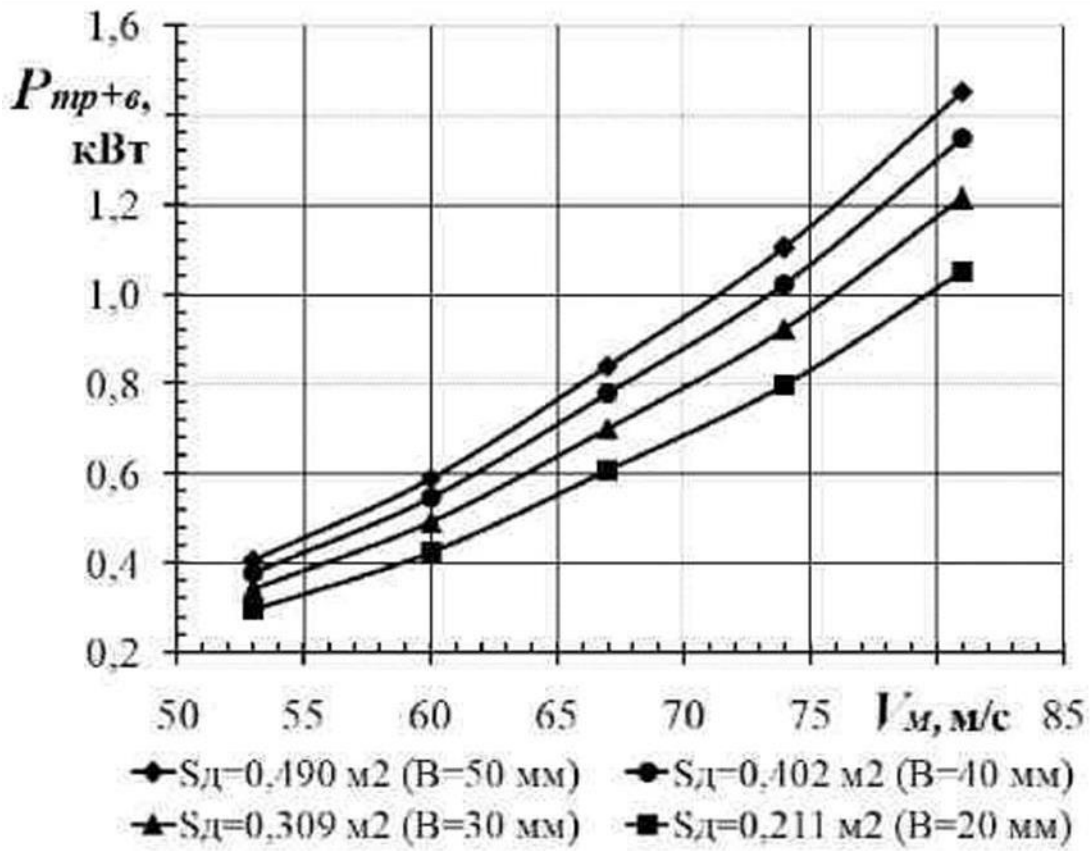
При проведенні експериментів визначили якість подрібнення зернових матеріалів, а також оцінили енергетичні параметри процесу подрібнення.

Якість подрібнення зернових матеріалів оцінювали за середнім значенням модуля помелу. Для цього, подрібнений матеріал, отриманий в результаті кожного досліду, пересіяли через набір сит, після чого визначили вагу кожної фракції і середній модуль помелу.

3.5 Визначення показників міцності зернових матеріалів

Обґрунтування параметрів процесу подрібнення і типу подрібнювача, а також визначення його конструктивних параметрів та режимів роботи здійснювали з врахуванням фізико-механічних властивостей конкретної культури, в першу чергу, показниківмеханічної міцності зерен.

Спроможність зерна чинити опір руйнуванню під дією зовнішніх механічних сил залежить від культури, сорту, вологості, розмірів зернини та ступеня її дозрівання, а також від способу та характеру прикладання механічного навантаження (удар, стискання, стирання і ін.). Ці властивості коливаються в широких межах і не достатньо висвітлені в літературних джерелах, що обумовило необхідність в проведенні власних досліджень.


1,6
Pтр+в, кВт
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
50
55
60
65
70
75
Vм, м/с
85
Sд=0,490 м2 (В=50 мм)
Sд=0,402 м2 (В=40 мм)
Sд=0,309 м2 (В=30 мм)
Sд=0,211 м2 (В=20 мм)

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Визначення геометричних розмірів робочих органів дробарки.

Продукт у молоткових дробарках подрібнюється ударами молотків по частинах матеріалу, ударами частинок об корпус(деку) дробарок і при перетиранні частинок.

В дробарці первинне руйнування продукту відбувається при зустрічі частинки з молотками. Це можливо при коловій швидкості молотків, мінімальне значення якої визначається виходячи з закону кількості руху і приймаючи початкову швидкість руху частинки перед зіткненням її з молотком рівною нулю.

При конструюванні молоткових дробарок з великими коловими швидкостями робочих органів необхідно враховувати інерційні сили, які виникають через неврівноваженість ротора. Найбільш сильні удари відбуваються при зустрічі частинок з кінцями молотків, коли вони займають найвище положення. Ці удари молотків передаються на всю дробарку і швидко виводять її з ладу.

Для зниження ударних дій на дробарку молотки повинні бути врівноважені на удар. Це досягається при умові відсутності або незначній ударній реакції в осі підвіски молотків.

Конструктивно приймаємо розміри молотка:

довжина a=100 мм, ширина b=40 мм, товщина δ = 6 мм.

Молотки з одним отвором.

Відстань від центра молотка до осі отвору:

$$c = \frac{a_2 + b_2}{6c} = \frac{0.1_2 + 0.04_2}{6 \times 0.1} = 0.019 \text{ м.}$$

Квадрат радіуса інерції молотка відносно його центра ваги:

$$r_c^2 = \frac{a_2 + b_2}{12} = \frac{0.1_2 + 0.04_2}{12} = 0.00097 \text{ м}^2,$$

і відносно його осі підвіски:

$$r^2 = r_c^2 + c^2 = 0.00097^2 + 0.019^2 = 0.00036 \text{ м}^2.$$

Відстань від кінця молотка до осі його підвіски:

$$l = c + 0.5a = 0.019 + 0.5*0.1 = 0.069 \text{ м}.$$

Приймаємо відстань від осі підвіски молотка до осі ротора рівною R=0,28 м, тобто більше відстані від кінця молотка до осі його підвіски.

Радіус найбільш віддаленої точки молотка від осі ротора складає:

$$R_м = l + R = 0.069 + 0.28 = 0.349 \text{ м}.$$

Кутова швидкість $\omega = \frac{V_{min}}{R_M} = \frac{47}{0.349} = 134.6$ рад/с.

Приймаємо з запасом ω = 314 рад/с.

Маса молотка, виготовленого зі сталі густиною ρ =7850 кг/м^3 :

$$m_м = a * b * \delta * \rho = 0{,}1*0{,}04*0{,}006*7850 = 0{,}1884 \text{ кг}.$$

Радіус кола розміщення центрів ваги молотків:

$$R_c = R + c = 0{,}28 + 0{,}019 = 0{,}299 \text{ м}.$$

Приймаємо R_c = 0,3 м.

Відцентрова сила інерції молотка:

$$P_i = m_м * \omega^2 * R_c = 0{,}1884*314^2*0{,}3 = 5573 \text{ Н}.$$

Діаметр осі підвіски молотка при допустимому напруженні на згинання $[\sigma]_з$ = 100 МН/м^2:

$$d = 1.36\sqrt[3]{\frac{P_i * \delta_m}{[\delta]_з}} = 1.36\sqrt[3]{\frac{5573*0.006}{100*10^6}} = 0.0094 \text{ м}.$$

У відповідності з рядом нормальних лінійних розмірів по стандарту приймаємо d = 0,02 м.

Для диску зі сталі приймаємо допустиме напруження зминання $[\sigma]_{з\,зм}$ =65 МН/м^2 і при зрізі $[\sigma]_{з\,зр}$ = 60 МН/м^2.

Товщина диска:

$$\delta_{д} = \frac{P_i}{\delta_m * [\delta]_{зм}} = \frac{5573}{0{,}006 * 65 * 10^6} = 0{,}014 \text{ м.}$$

Приймаємо $\delta_д$=0,015 м.

Мінімальний розмір перемички:

$$h_{min} = \frac{0.5 * P_i}{\delta_д * [\delta]_{зр}} = \frac{0{,}5 * 5573}{0{,}015 * 65 * 10^6} = 0{,}0028 \text{ м.}$$

Приймаємо h_{min}=0.003 м.

Зовнішній радіус диска:

$$R_д = R + 0.5\delta + h_{min} = 0.28 + 0.5 * 0.006 + 0.003 = 0.286 \text{ м.}$$

Приймаємо $R_д$=0,29 м.

Максимальне колове напруження в диску на твірній центрального отвору:

$$\sigma_{t\,max} = \rho * \omega^2 * (0.825 * R_д^2 + 0.175 * r_0^2) = 7850 * 314^2 * (0.825 * 0.29^2 + 0.175 * 0.0225^2) = 437.7 * 10^5$$

де r_0 – радіус центрального отвору диска.

Колове напруження від сил інерції молотків на твірній центрального отвору:

$$\sigma_t = \frac{P_i * R * Z}{\pi * \delta_д * (R^2 - r_0^2)} = \frac{5573 * 0.28 * 21}{\pi * 0.015 * (0.28^2 - 0.0225^2)} = 89.3 * 10^5 \text{ Н/м}^2,$$

де Z =21– кількість молотків.

Сумарне напруження на твірній:

$$\sigma = \sigma_{t\,max} + \sigma_t = 437.7 * 10^5 + 89.3 * 10^5 = 527 * 10^5 \text{ Н/м}^2.$$

Воно знаходиться в допустимих межах:

$$[\sigma]_{ср} > \sigma; \quad 600 * 10^5 > 527 * 10^5.$$

4.2. Визначення продуктивності та потужності дробарки.

Продуктивність молоткових дробарок розраховується за формулою:

$$G = 3600 k D_д^2 L_p \rho n,$$

де $к_1$- коефіцієнт, що враховує фізико–механічні властивості матеріалу і тип та розміри отворів решітки і приймається: $к_1=(1.3…1.7)x10^{-4}$

$D_д$ – діаметр диску, м;

$L_р$- довжина ротора, м;

n- частота обертання ротора, об/с;

$G = 3600 \times 1,7 \times 10^{-4} \times 0,698^2 \times 1,1 \times 750 \times 50 = 12299 \approx 13000$ кг/год.

Потужність електродвигуна приводу молоткової дробарки вираховується за формулою:

$N = 9D_д^2 L_р n = 9 \times 0.58^2 \times 1.1 \times 21.4 = 76$ кВт.

За результатами розрахунку приймаємо електродвигун типу 4А 250М2У3 потужністю 90 кВт, частотою обертання ротора 3000 об/хв..

4.3. Розрахунок валів.

Крутній момент на валу:

$$T = \frac{1000N}{\omega} = \frac{1000 \times 90}{314} = 287 \text{ Нм.}$$

Значення сил, що діють на вал знаходимо за формулами:

$$F_{1/6} = \left\{ m_1 + \left| 1.5m_д + \frac{\pi * 0,02^2}{4} + 0,145 \right| * 20 + \left| \frac{\pi * 0,01^2}{4} * 0,145 \right| * 4 \right\} g,$$

$$F_2 = \left\{ m_{2заг} + \left| 3m_д + \frac{\pi * 0,02^2}{4} + 0,225 \right| * 20 + \left| \frac{\pi * 0,01^2}{4} * 0,225 \right| * 4 \right\} g,$$

$$F_3 = \left\{ m_{3заг} + \left| 3m_д + \frac{\pi * 0,02^2}{4} + 0,21 \right| * 20 + \left| \frac{\pi * 0,01^2}{4} * 0,21 \right| * 4 \right\} g,$$

$$F_4 = \left\{ m_{4pfu} + \left| 2.5m_д + \frac{\pi * 0,02^2}{4} + 0,18 \right| * 20 + \left| \frac{\pi * 0,01^2}{4} * 0,18 \right| * 4 \right\} g,$$

$$F_5 = \left\{ m_{5заг} + \left| 2.5m_д + \frac{\pi * 0,02^2}{4} + 0,195 \right| * 20 + \left| \frac{\pi * 0,01^2}{4} * 0,195 \right| * 4 \right\} g.$$

Знаходимо значення сил:

$$F_{1/6} = \left\{31{,}1 + \left[1.5 * 3{,}768 + \frac{\pi * 0{,}02^2}{4} + 0{,}145\right] * 20 + \left[\frac{\pi * 0{,}01^2}{4} * 0{,}145\right] * 4\right\} 9{,}81 = 1413$$

Н,

$$F_2 = \left\{35 + \left[3 * 3{,}768 + \frac{\pi * 0{,}02^2}{4} + 0{,}225\right] * 20 + \left[\frac{\pi * 0{,}01^2}{4} * 0{,}225\right] * 4\right\} 9{,}81 = 2570 \text{ Н},$$

$$F_3 = \left\{35 + \left[3 * 3{,}768 + \frac{\pi * 0{,}02^2}{4} + 0{,}21\right] * 20 + \left[\frac{\pi * 0{,}01^2}{4} * 0{,}21\right] * 4\right\} 9{,}81 = 2560 \text{ Н},$$

$$F_4 = \left\{35 + \left[2{,}5 * 3{,}768 + \frac{\pi * 0{,}02^2}{4} + 0{,}18\right] * 20 + \left[\frac{\pi * 0{,}01^2}{4} * 0{,}18\right] * 4\right\} 9{,}81 = 2190 \text{ Н},$$

$$F_5 = \left\{35 + \left[2{,}5 * 3{,}768 + \frac{\pi * 0{,}02^2}{4} + 0{,}195\right] * 20 + \left[\frac{\pi * 0{,}01^2}{4} * 0{,}195\right] * 4\right\} 9{,}81 = 2190 \text{ Н}.$$

За значенням згинального моменту знаходимо реакції в опорах.

$\Sigma M_A = 0$;

$-F_1 \text{ x } 0.2 - F_2(0.24+0.2) - F_3(0.24+0.2+0.21) -$

$F_4(0.24+0.2+0.21+0.21) - F_5(0.24+0.2+0.21+0.21+0.15) -$

$F_1(0.24+0.2+0.21+0.21+0.15+0.24) +$

$R_b(0.24+0.2+0.21+0.21+0.15+0.24+0.2)=0$

$R_b=(1413*0.2+2570*0.44+2560*0.65+2190*0.86+2190*1.01+1413*1.25)/1,45=6165$

$\Sigma M_Б = 0$;

$F_1*0.2+F_5(0.24+0.2)+F_4(0.24+0.2+0.15)+F_3(0.24+0.2+0.15+0.21)+F_2(0.24+0.2+0.15+0.21*2)+F_1(0.24+0.2+0.15+0.21*2+0.2)-R_A*1.45=0$

$R_A=91413*0.2+2190*0.44+2190*0.59+2560*0.8+2570*1.01+1413*1.21)/1.45=6132$

Розбиваємо всю довжину вала на ділянки.

$0<x<a$

$M(x)=R_A*x$

$M(x=0)=0$;

$M(x=a)=R_A*0.2=6132*0.2=1226.4$

$0<x<b$

$M(x)=R_A*(0.2+x)-F_1*x$

$M(x=0)=1226.4$;

$M(x=b)=6132(0.2+0.24)-1413*0.24 =2358.96$.

$0<x<c$

$M(x)=R_A*(0.2+0,24+x)-F_1*(0,24+x)-F_2*x;$

$M(x=0)=2358,96$;

$M(x=c)=6132(0,2+0,24+0,21)-1413(0,24+0,21)-2570*0,21 = 2810,25$.

$0<x<d$

$M(x)=R_A*(0.2+0.24+0.21+x)-F_1*(0.24+0.21+x)-F_2(0.21+x)-F_3*x;$

$M(x=0)=2810.25$;

$M(x=d)=6232(0,2+0,24+0,21*2)-1413(0,24+0,2*2)-2570(0,21*2)-2560*0,21=2723,9$

$0<x<e$

$M(x)=R_A*(0.2+0.24+0.21*2+x)-F_1*(0.24+0.21*2+x)-F_2(0.21*2+x)-F_3(0.21+x)-$

$-F_4*x;$

$M(x=0)=2723,9$;

$M(x=e)=6132(0.2+0.24+0.42+0.15)-1413(0.24+0.42+0.15)-2570(0.42+0.15)-$

$-2560(0.21+0.15)-2190*0.15=2333.79$.

$0<x<f$

$M(x)=R_A*(0.2+0.24+0.21*2+0.15+x)-F_1*(0.24+0.21*2+0.15+x)-$

$-F_2(0.21*2+0.15+x)-F_3(0.21+0.15+x)--F_4*(0.15+x)-F_5*x;$

$M(x=0)=2333.79$

$M(x=f)=6132*1.25-1413*1.05-2570*0.81-2560*0.6-2190*0.39-2190*0.24=1183.95$

0<x<g

$M(x)=R_A*(1.25+x)-F_1*(1.05+x)-F_2(0.81+x)-F_3(0.6+x)--F_4(0.39+x)-F_5(0.24+x)-F_1*x$

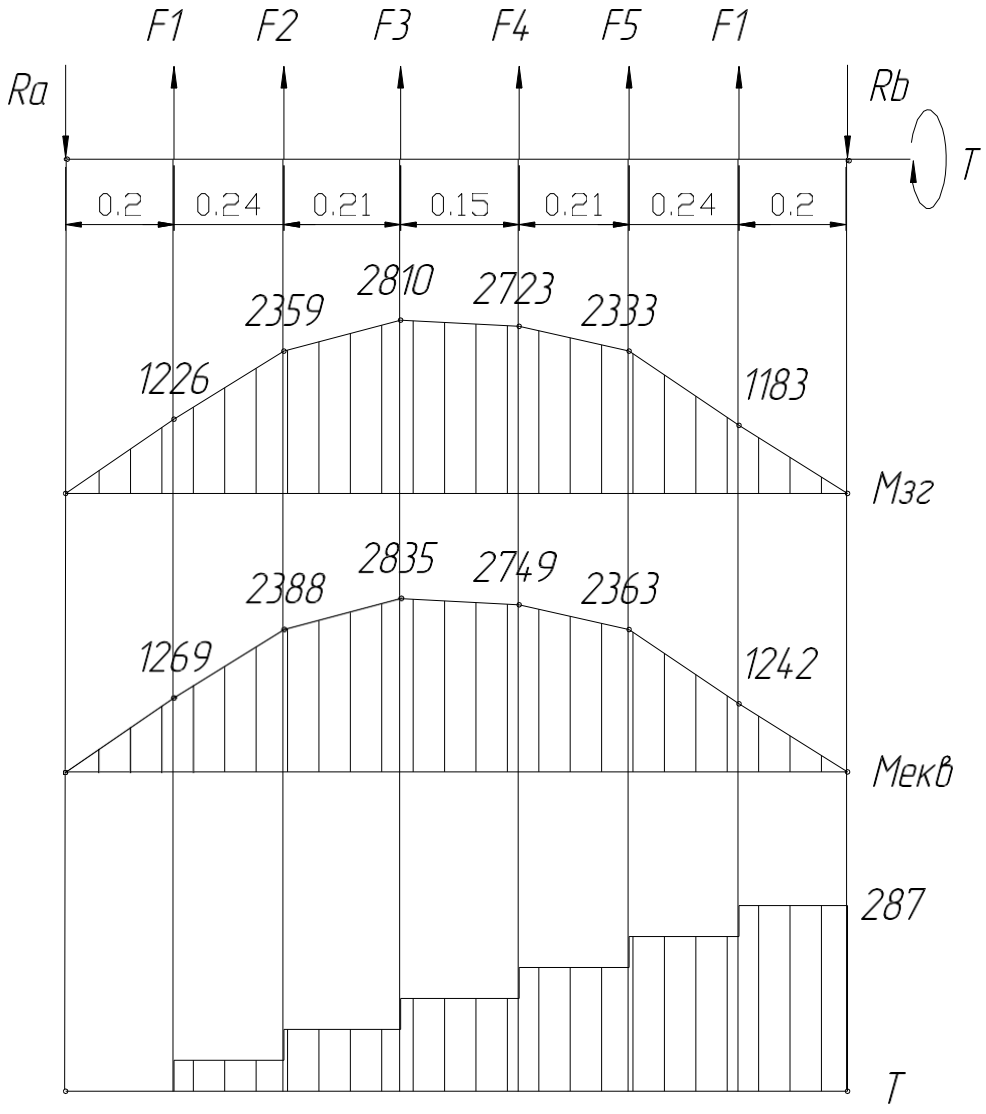
M(x=0)=1183.95 ;

M(x=g)=6132*1.45-1413*1.25-2570*1.01-2560*0.9-2190*0.59-2190*0.44--1413*0.2=0.

Знаходимо значення еквівалентних моментів.

$$M_{екв}\sqrt{M_{зг}^2+(\alpha T)^2};$$

$M_{екв_1}\sqrt{1226{,}4_2+(1{,}7\times 287)_2}=1269$



$M_{екв_2}\sqrt{2358.96_2+(1{,}7\times 287)_2}=2388.45$

$M_{екв3}\sqrt{2810.25_2+(1,7\times 287)_2}=2835.05$

$M_{екв4}\sqrt{2723.9_2+(1,7\times 287)_2}=2749.48$

$M_{екв5}\sqrt{2333.79_2+(1,7\times 287)_2}=2363.5$

$M_{екв6}\sqrt{1183.95_2+(1,7\times 287)_2}=1242$

З максимального значення еквівалентного моменту визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі.

Визначення необхідного діаметру вихідного кінця вала виконують із розрахунку на чисте кручення по зниженим допустимим напруженням $[\sigma]=40\div 65 H/мм^2$:

$$d=\sqrt[3]{\frac{M_{екв}^{max}}{0.1[\sigma]}}, \text{ мм},$$

$$d=\sqrt[3]{\frac{2835,05\times 10^3}{0.1\times 40}}=88 \text{ мм}.$$

Конструктивно приймаємо діаметр вала d=90 мм.

4.4. Підбір та перевірочний розрахунок муфти МПВП.

Муфти пружні втулково-пальцеві загального призначення застосовують для передачі крутних моментів з пом'якшенням ударів за допомогою пружних гумових втулок, які надягаються на пальці.

Пальці муфт перевіряють на згин, а гумові втулки-на зминання поверхні, яка дотикається пальців.

Муфта підбирається за крутним моментом.

Обираємо муфту пружну втулково-пальцеву 200-90-I.1-У3 ГОСТ 21424-75 з номінальним крутним моментом Т=2000 Нм.

Умова міцності пальця на згин:

$$\sigma_{зг}=\frac{10T_p l_n}{D_0 z d_n^3}\le[\sigma]_{зг},$$

де

$\sigma_{зг}$- найбільша напруга згину в небезпечному перерізі пальця, Н/мм^2;

$T_р$ - розрахунковий момент, Нмм^2;

D_0-діаметр кола, на якому розташовані пальці, мм

z-кількість пальців;

$l_п$- довжина пальця, мм;

$d_п$- діаметр пальця, мм;

$[\sigma]_{зг} = 80 \div 90$ Н/мм^2 – допустиме напруження на згин для пальців, при умові, що пальці зроблені з нормалізованої сталі 45.

$$\sigma_{зг} = \frac{10 \times 287 \times 10^3 106}{200 \times 10 \times 24^3} = 12_H/мм^2 \le [\sigma]_{зг}$$

Умова міцності втулки на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_p}{D_0 z d_п l_в} \le [\sigma]_{зм},$$

де

$l_в$- довжина втулки, мм;

$[\sigma]_{зм} = 1{,}8 \div 2{,}0$ Н/мм^2 - допустиме напруження на зминання для гуми.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \times 287 \times 10^2}{200 \times 10 \times 24 \times 44} = 0.27 \le [\sigma]_{зм}.$$

З проведеного розрахунку можна зробити висновок, що підібрана муфта витримає прикладений до неї крутний момент.

4.5. Перевірочний розрахунок шпонок.

Найбільш небезпечною деформацією для шпонок є зминання від крутного моменту Т, Нмм:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{d l_р (h - t_1)} \le [\sigma]_{зм},$$

де $l_р$- робоча довжина шпонки, мм;

$[\sigma]_{зм} = 80...150$ МПа (800…1500 Н/м^2)

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \times 287}{0{,}9 \times 0{,}025(22 - 9{,}4)} = 1025_H/м^2 \le [\sigma]_{зм}$$

4.6. Підбір та перевірочний розрахунок підшипників.

Критерієм для вибору підшипника слугує нерівність

$$C_{пот}<C,$$

де $C_{пот}$ – потрібна величина динамічної вантажопідйомності підшипника;

С- табличне значення динамічної вантажопідйомності обраного підшипника.

Обираємо підшипник кульковий радіальний однорядний особливо легкої серії №120 з С=42300 Н, d=100 мм.

Потрібна величина динамічної вантажопідйомності розраховується:

$$C_{пот} = Q(\frac{60nL_h}{10^6})^{1|\alpha},$$

де

α - коефіцієнт, що залежить від форми кривої контактної втомлюваності і приймається для кулькових підшипників α=3.

Для радіальних підшипників приведене навантаження Q визначають за формулою:

$$Q= XK_кRK_бK_т,$$

де

R- радіальне навантаження = 6165 Н

Х- коефіцієнт радіального навантаження = 1

$К_к$- коефіцієнт обертання = 1,2

$К_б$- коефіцієнт безпеки = 2

$К_т$- температурний коефіцієнт = 1,1

$$Q= 1*1,2*6165*2*1,1=16275,6$$

$$C_{пот} = 16275.6(\frac{60 \times 3150 \times 12.4}{10^6})^{1|3} = 21619 \text{ Н.}$$

$$C_{пот}<C.$$

Можна зробити висновок, що підшипник обрано вірно.

4.7. Розрахунок дебалансу привода – вібратора.

Для рівномірної подачі сиротовини в дробарку застосовуємо віброживильник підвісний з відцентровим приводом направленої дії (самобалансний).

В цілому вібраційним приводом називається сукупність пристроїв для збудження механічних коливань, їх перетворення та передачі робочому елементу машини.

Приводом віброживильника є комплект віброзбудника та електродвигуна з відповідним зв’язком між ними.

Дебалансний одинарний відцентровий привод – збудник являє собою електродвигун 1, на валу 3 якого на деякій відстані від осі обертання закріплений вантаж – дебаланс 2 (рис. 4.7.1. а)).

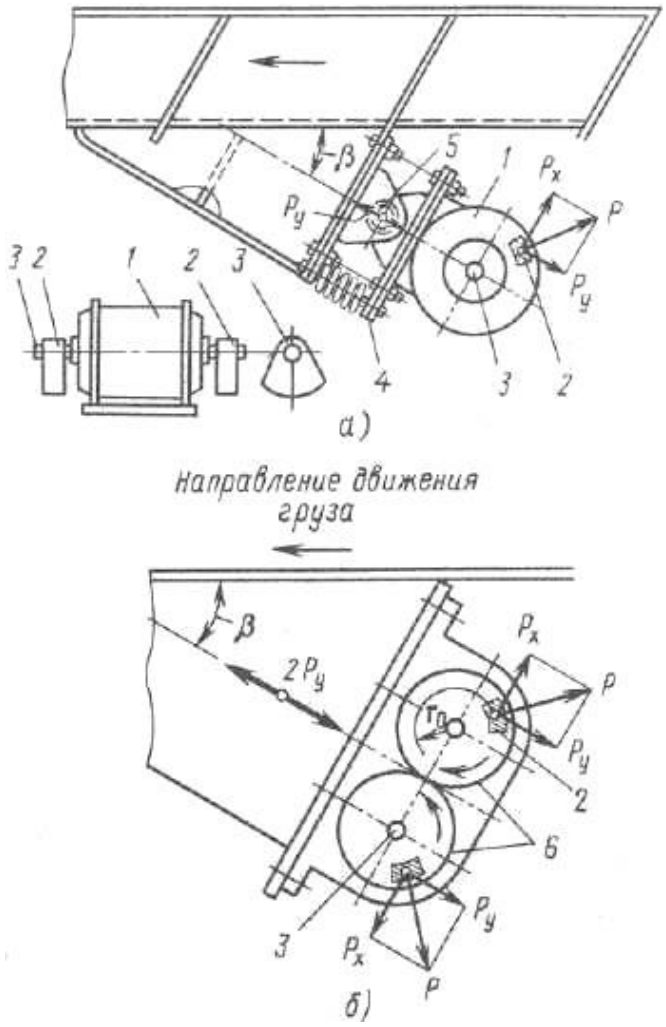


Рис. 4.7.1. Схема приводу вібраційного живильника.

При обертанні останнього виникає відцентрова сила

$$P = m_0 r_0 \omega^2,$$

де m_0 – маса дебаланса; r_0 – ексцентриситет маси дебаланса; ω - кутова швидкість вала.

$$P = 2.575 \times 0.68 \times 2 \times \pi \times 1420 = 15622 \text{ Н.}$$

Статичний момент маси дебаланса

$$M_k = m_0 r_0 = 2.575 \times 0.68 = 1.757 \text{ Нм.}$$

На подвійному відцентровому приводі (рис. 4.7.1., б) на двох зчеплених зубчастих колесах 6 закріплені однакові дебаланси 2. при обертанні колес виникають відцентрові сили Р, повздовжні складові яких P_y додаються, а поперечні складові P_x – врівноважуються. Максимальна направлена (повздовжня) відцентрова сила

$$2P_y = 2m_0 r_0 \omega^2 = 2 \times 2.575 \times 0.68 \times (2 \times \pi \times 1420)^2 = 278774 \text{ Н.}$$

Продуктивність масова віброживильника визначається як

$$Q = V \times \rho, \text{ т/год}$$

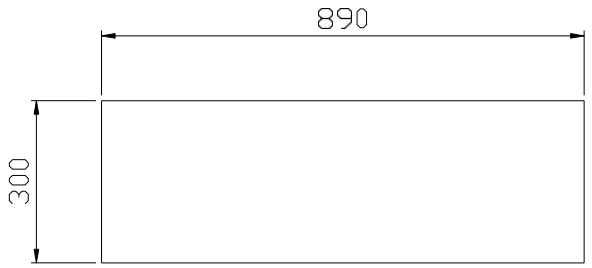
де V – об'ємна продуктивність, $м^3$/год; ρ - насипна щільність вантажу, т/$м^3$.

$$Q = V \times \rho = 20 \times 0.75 = 15 \text{ т/год.}$$

При русі вантажу безперервним потоком постійного перерізу розподілена маса вантажу (кг/м)

$$q = F_g \rho,$$

де $F_п$ – площа поперечного перерізу потоку, нормального до напрямку руху вантажу, $м^2$.



$$F_n = 0,89 \times 0,3 = 0,267 \text{ м}^2$$

$$q = 0.267 \times 750 = 200.25 .$$

При переміщенні вантажу зі швидкістю $v = 0.14$ м/с, продуктивністю Q=15 т/год можна вирахувати масу вантажу, який лежить на кожному метрі живильника

$$q = \frac{Q}{3.6 \times v} = \frac{15}{3.6 \times 0.14} = 29.76 \text{ кг.}$$

Тоді шар вантажу у коробі віброживильника

$$h = \frac{m}{a \times b \times \rho} = \frac{29.76}{0.89 \times 0.3 \times 750} = 0.14 \text{ м.}$$

4.8. Розрахунок пружини підвіски віброживильника.

Вихідні дані:

F=100Н – максимальне осьове зусилля, що розвиває пружина.

L=10 мм – деформація пружини.

D=40 мм – діаметр пружини.

Орієнтуючись на виготовлення пружини із пружинного дроту II класу міцності діаметром d=1…4 мм, границя міцності цього дроту $\sigma_в$=1800 МПа. Тоді допустиме напруження кручення витків

$$[\tau]=0.5\times \sigma_в \times K_L=0.5\times 1800\times 0.98=980 \text{ МПа}$$

K_L=0.8 – коефіцієнт довговічності пружини.

Якщо попередньо взяти індекс пружини C'=10; C'=D/d=40/1=40, то матимемо коефіцієнт, що враховує кривизну витків:

$$K'=1+1.4/ C'=1+1.4/40=1.035$$

Потрібний діаметр дроту для виготовлення пружини:

$$d=\sqrt{8F' C' /(\pi \times [\tau])}=2.8 \text{ мм}$$

Візьмемо стандартний діаметр пружинного дроту d=3 мм

При граничному навантаженні Fгр=1.1× F=1.1×100=110 Н розрахункове напруження кручення у витках пружини взятих параметрів

$\tau=8\ F_{гр} \times D\times К/(\pi \times d^3)= 8\times100\times40\times1.14/(3.14\times3^3)=430$ МПа, що менше від допустимого$[\tau]=980$ МПа.

Потрібна кількість робочих витків пружини

$$i=Gd^4L/(8FD^3)=78500\times3^4\times10/8\times100\times40^3\approx12;$$

Тут G=78500 МПа – модуль пружності при зсуві сталі.

Загальна кількість витків пружини $i_0=i+1.5=12+1.5=13.5$

При максимальному осьовому навантаженні F=100Н мінімальний зазор між витками

$$\Delta=0.2\times L/i=0.2\times10/13.5=0,15 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\Delta=0,2$ мм.

Крок витків ненавантаженої пружини

$$h=L/i+d+\Delta=10/12+3+0,2 = 4 \text{ мм.}$$

Довжина пружини, стиснутої до дотику витків,

$$H_{гр}=(i_0-0.5)d=(13.5-0.5)3=39 \text{ мм.}$$

Довжина ненавантаженої пружини

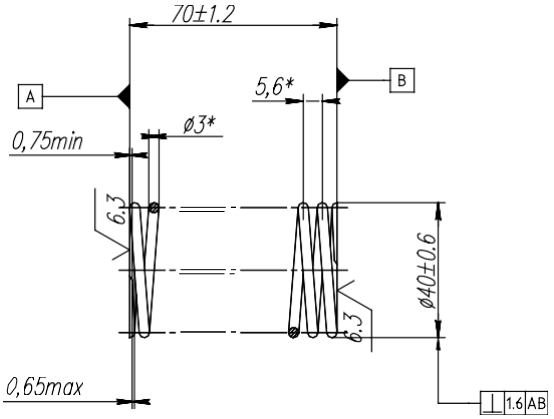
$$H_0= H_{гр}+i(h-d)=39+12(4-3)=51 \text{ мм.}$$

Довжина дроту для виготовлення пружини

$$l=\pi Di_0/\cos\alpha =3.14\times40\times13.5/\cos 1.82^\circ =1600 \text{ мм.}$$

$$\alpha=arctg[h/(\pi D)]=arctg[4/(3.14\times40)]=1.82^\circ$$

Перевірочний розрахунок,виконаний у програмі.



4.9. Підбір конструкційних матеріалів

Вибір конструкційних матеріалів , які застосовуються в харчовому машинобудуванні при виготовленні деталей для приготування, зберігання та транспортування харчових продуктів, зумовлений наступними основними факторами:

- Допустимого контакту з харчовими продуктами;
- Економічною доцільністю застосування;
- Вимогами до надійності та довговічності устаткування.

При проектуванні машин та апаратів харчового машинобудування ці завдання вирішуються шляхом застосування конструкційних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, використання найбільш дешевих матеріалів, які відповідають вимогам конструкцій, а також поєднання пар конструкційних матеріалів, що забезпечує найменше з можливістю зношування поверхонь тертя.

Довговічність визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним із основних шляхів збільшення терміну служби та надійності роботи машини є підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей.

По мірі зношування деталей в парах тертя збільшуються зазори, порушується нормативна робота машини, виникає вібрація, ударні впливи на поверхні деталей.

Зношування деталей може призвести до їх руйнування, або внаслідок зношування поступово збільшуються змінні напруги, що може призвести до перевищення межи втомлюваності.

Зносостійкість сталі можна підвищувати гартуванням з високим відпуском, а при більших навантаженнях – гартуванням з низьким відпуском.

Ефективний спосіб підвищення зносостійкості сталі – цементація з наступним гартуванням та низьким відпуском.

Зносостійкість залізовуглецевих сплавів зростає із збільшенням в структурі перліту. Тому для збільшення довговічності сальникового

ущільнення захисні втулки треба виготовляти із сталі з великим вмістом вуглецю чи сірого перлітного чавуну.

Гартування з низьким відпуском підвищує зносостійкість сталі 45 в парі із сальниковою набивкою приблизно на 30 %.

За даними випробувань метали можна поділити по зносостійкості на дві групи:

- В першу групу входять метали, які мають невисокі антикорозійні властивості сталі та чавуни. Їх зношення характеризується чималою втратою маси через інтенсивне протікання корозійних процесів, підсилених впливом середовища.
- В другу групу входять метали та корозійно – стійки сплави (нержавіючі сталі, мідні та алюмінієві сплави), зносостійкість яких в десятки разів вище зносостійкості металів першої групи.

Ділення металів по стійкості на дві групи не залежить від механічних властивостей.

Рівень надійності обладнання закладається при проектуванні шляхом застосування ефективних конструкційних методів та прийомів.

1. Розробка оптимальної функціональної схеми машини.
2. Вибір раціональних конструктивно – кінематичних схем механізмів, при яких знос спряжень найменшим чином впливає на вихідні параметри.
3. Встановлення в легкодоступних місцях запобіжних муфт і легкозамінних деталей з пониженим запасом міцності, що руйнуються при піковому навантаженні, що перевищує гранично допустиме за розрахунком або при підвищених навантаженнях, що викликані порушенням кінематичних зв’язків, перекосом та заклинюванням зношених деталей.
4. Зменшення динамічних навантажень на елементи обладнання шляхом врівноваження частин обладнання, які обертаються і рухаються

зворотно- поступально, включення вітрозахисних пристроїв (амортизаторів) в динамічно активних системах.

5. Резервування зносостійкості шляхом створення на деталях резервних робочих поверхонь (наприклад, перестановка молотків дробарки) або постачання робочих органів легко змінними зносостійкими елементами в місцях максимального зносу, або створення можливостей для отримання додаткових робочих поверхонь шляхом обробки деталей на "ремонтні розміри".

6. Раціональний підбір конструкційних матеріалів, властивості яких відповідають режимам навантаження та видам руйнуючих впливів, методам механічної обробки та зміцнюючої технології, умовам експлуатації та ремонтно – відновлюючим прийомам.

Основними технологічними компонентами молоткової дробарки є ротор з робочими органами – молотками та дека.

Ротор є основним робочим органом дробарки і являє собою вал з набраними на ньому дисками. Вал можна виготовити з вуглецевих або легованих сталей. При відсутності термообробки можна застосувати сталь Ст.5, з термообробкою – сталі 40, 45, 40Х. Диски також можна виготовити з вуглецевих сталей.

Під час роботи дробарки молотки дуже зношуються, тому для покращення роботи та довговічності їх рекомендується виготовляти із зносостійких сталей з термообробкою до твердості HRC 40-45.

Дека має дещо змінений вигляд у порівнянні зі своїм аналогом, тому ці конструктивні зміни дозволяють виготовити її з чавуну. Можна застосувати сірий чавун марки СЧ 18-36.

Перелік використаних матеріалів

Перелік використаних матеріалів, дозволених Органами Держнагляду.		
Найменування матеріалу, марка.	ГОСТ	Номер та дата дозволу МОЗ України
Сталь вуглецева звичайної якості марок: Ст3, Ст 4кп, ВСт3кп, ВСт3пс.	ДСТУ 2651-94	126-14/1040-3,30.11.73 126-14/1154-3,17.05.71 123-14/1460-7,26.05.71
Сталь вуглецева якісна конструктивна: 08кп 20,40,35,45	ГОСТ 1050-82	123-12/328-7,07.08.79 08С/Б-7-450,05.04.62 08С/Б-7,128, 18.07.63
Сталь легована конструкційна: 20Х, 40Х	ГОСТ 4543-71	08С/Б-7-128,18.07.63
Сталі високолеговані та корозостійкі: 12Х 18Н ЮТ 12Х18Н9Т 18ГПС	ГОСТ 5632-72	126-14/1461-3,16.09.67 08С/Б-7-128,18.07.63 123-14/297-7,29.01.76

4.10.Технологія машинобудування

Аналіз призначення виробу і технологічність його конструкції

Двоступінчастий горизонтальний червячний редуктор призначений для пониження частоти обертального руху і для збільшення крутного..моменту.

Механізм складається з наступних основних деталей: корпус , вал ведучий , вал ведений , колесо червячне , червяк, кришка корпусу , кришки під підшипники.

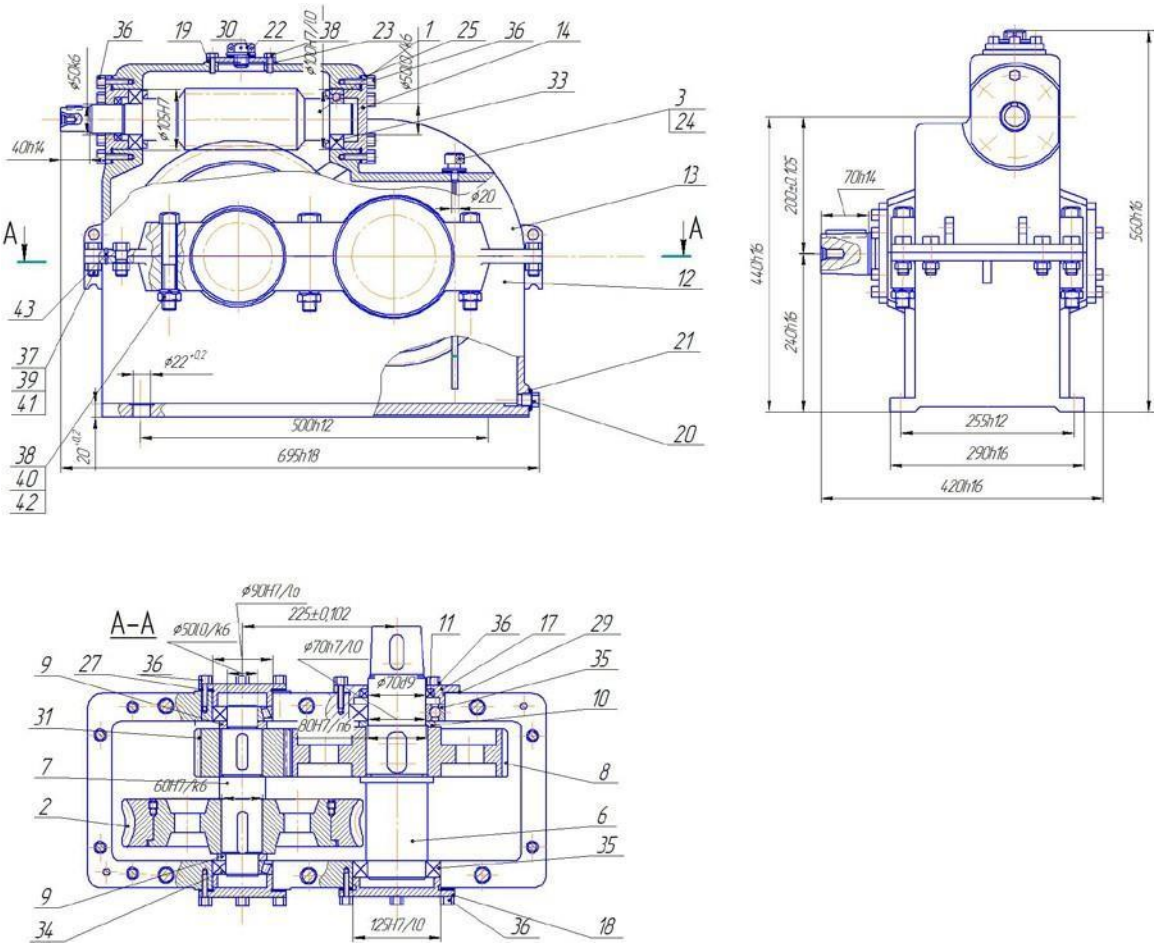


Рис.4.10.1 Редуктор двоступінчастий червячний

Виріб в цілому має просту компоновку і просте конструктивне рішення, не викликає утруднення при збірці. Конструкція виробу допускає можливість його складання з попередньо зібраних вузлів.

Базова деталь виробу має технологічну базу, що забезпечує його достатню стійкість в процесі складання. Уніфікація кріпильних та інших деталей сприяє скороченню номенклатури складальних інструментів і більш ефективному використанню засобів механізації складальних робіт. При конструюванні виробу забезпечується можливість вільного підведення високопродуктивних механізованих складальних інструментів до місць з'єднання..деталей.

На підставі вищесказаного, конструкцію виробу можна вважати технологічною.

Розмірний аналіз складальних розмірних ланцюгів

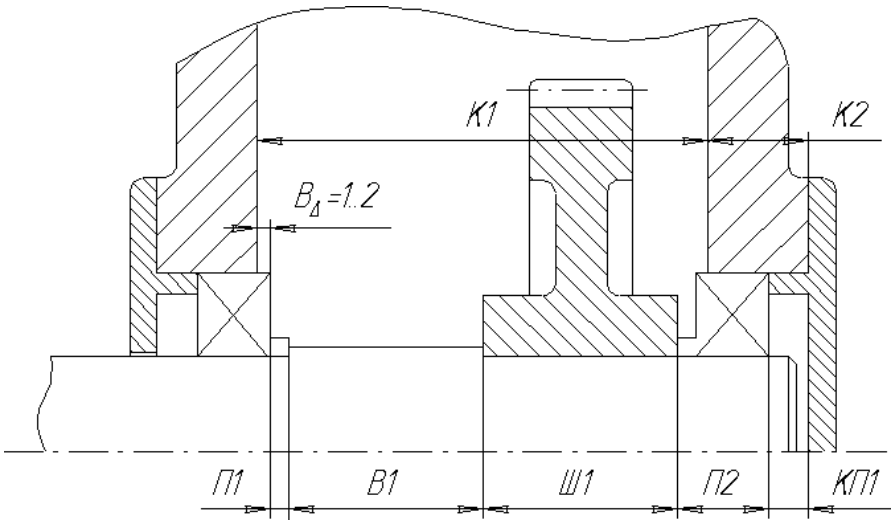


Рис. 4.10.2 Схема розмірного ланцюга

Для розмірного аналізу виберемо складальний розмірний ланцюг, замикаючою ланкою В∆ яка є виступаюча з корпусу частина підшипника. Допуск на розмір замикаючої ланки: ТВ∆=1мм.

Таким чином, даний розмір приймаємо за вихідну ланку В∆ розмірного ланцюга в горизонтальному напрямку. Розглянемо цей розмірний ланцюг.

$$B∆=К1+К2-КП1-П2-Ш1-В1-П1 \quad (4.10.1)$$

Складовими ланками цього ланцюга будуть:

К1 - ширина внутрішньої порожнини корпусу;

К2 - товщина стінки корпуса;

КП1 - висота буртика кришки під підшипник;

П2 - ширина підшипника;

Ш1 - ширина шестерні;

В1 - довжина ступені вала;

П1 - виступ підшипника;

Розрахунок складального розмірного ланцюга

Таблиця 4.10.1

№ ланки	Позначення	Величина, мм	Одиниця допуску, i, мм	Допуск, мкм $TA_i=a_1 \cdot i$	I^2	Допуск, мкм $TA_i=a_2 \cdot i$
1	П1	10	0,8	51,2	0,64	128
2	В1	110	2,5	160	6,25	400
3	Ш1	140	2,5	160	6,25	400
4	П2	80	1,5	96	2,25	240
5	КП1	30	1,5	96	2,25	240
6	К2	85	2,5	160	6,25	400
7	К1	286	3,3	211,2	10,89	528
8	B_Δ	1..2	-	-	-	-
		Σ	14,6	934,4	34,78	2336

Число одиниць допуску складових розмірного ланцюга:

$$a_1 = \frac{TA_\Delta}{\sum_{i=1}^{m-1} i} \qquad (4.10.1)$$

$$a_1 = \frac{1000}{14,6} = 68,5$$

По таблиці $a_т=64$, що відповідає 10 квалітету. $a_2=169,5$

По таблиці $a_т=160$, що відповідає 12 квалітету Значення ТА=2336 виходить за межі допуску.

Висновок: при обраних допусках на розміри складального вузла, розрахункове значення останнього не перевищує заданого параметра. Отже, точність вихідної ланки забезпечується повною взаємозамінністю.

Технологічна схема складання виробу

Конструкція механізму має декілька складальних вузлів, які можливо збирати незалежно один від одного, тому можлива вузлова зборка виробу. Але неможливо одночасне приєднання декількох вузлів до базового елементу через..його..конструкцію.

При послідовному з'єднанні можлива механізація процесу складання. Більшість кріпильних виробів - стандартні, що дозволяє застосовувати простий..інструмент.

В даному виробі основним базовим елементом є корпус, до якого приєднаються всі деталі і вузли.

Технологічна схема збірки показує, в якій послідовності необхідно приєднувати і закріплювати один до одного елементи, з яких збирається виріб. Такими елементами є деталі, комплекти, вузли, під вузли та складальні одиниці.

Під деталлю при складанні збірки розуміють первинний елемент виробу (базова деталь), характерною ознакою якого є відсутність в ньому роз'ємних і нероз'ємних з'єднань. Складальна ж одиниця являє собою елемент виробу, що складається з двох або більше деталей, з'єднаних в одне ціле, не розєднується при зміні положення у вузлі. Характерним відмінною ознакою складальної одиниці є - можливість її складання незалежно від інших елементів виробу.

Для складання технологічної схеми збірки всі складальні одиниці, що входять у виріб умовно розділимо на групи і підгрупи. Групою будемо вважати складальну одиницю, що входить у виріб.

Технологічну схему зборки складаємо на основі складального креслення виробу, яка показує, в якій послідовності необхідно приєднувати один до одного елементи, з яких складається виріб.

Кожен елемент виробу будемо зображати у вигляді прямокутника розділеного на три частини. У його верхній частині дається найменування виробу, в лівій нижній частині вказуємо числовий індекс, що відповідає

номеру цього елемента на складальному кресленні та згідно прийнятої специфікації, у правій нижній частині кількість приєднувальних елементів.

Порядок складання технологічної схеми зборки починаємо з призначення базового елементу. Базовим елементом назвемо деталь, з якої починаємо збірку виробу.

Такий алгоритм складання технологічної схеми полегшує подальше проектування технологічного процесу складання, дозволяє оцінити технологічність конструкції виробу з точки зору можливості розчленування

збірки на загальну і вузлову і гарантує від пропуску деталей, що входять у виріб.

Розроблена технологічна схема збірки двоступінчастого червячного редуктора представлена на аркуші формату А1 графічної частини дипломного проекту.

При складанні виробу в якості базового елементу на початковому етапі застосовують корпус редуктора, що базується на нижній опорній площині. Для реалізації направляючої і опорної баз використовуємо отвори в нижній частині корпусу, призначені для кріплення редуктора на фундаменті (опорній плиті).

Вузлова збірка редуктора здійснюється наступним чином:
- При складанні вала, операція 40, приймаємо в якості базової деталі вал, що базується на зовнішній поверхні діаметром 140 мм.
- При складанні вала, операція 30, приймаємо в якості базової деталі вал, що базується на зовнішній поверхні червячного колеса.
- При складанні вала, операція 20, приймаємо в якості базової деталі вал, що базується на зовнішній поверхні діаметром 60 мм.

Технологічний маршрут процесу складання.

Таблиця 4.10.2

№ операції	Операція	Зміст операції, переходів

10	Закрутити пробки в корпус 13	1. Встановити корпус в пристосування 2. Закрутити пробки в корпус 3. Зняти корпус 4. Перемістити корпус на наступну позицію
20	Запресувати шпонку 2 в вал 7	1. Встановити вал на призми 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Запресувати шпонку 4. Зняти вал з призм 5. Перемістити вал на наступну позицію
20.1	Напресувати колесо 31 на вал 7	1. Встановити в вал в пристосування 2. Змастити колесо машинним маслом 3. Напресувати колесо на вал 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
20.2	Напресувати втулку 14 на вал 7	1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Змастити втулку машинним маслом 3. Напресувати втулку на вал в зборі 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
20.3	Промити і посушити вал 7 в зборі	1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Промити вал в зборі 3. Перемістити вал в зборі на наступну позицію 4. Посушити вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
20.4	Напресувати підшипник 34 на вал в зборі 7	1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Змастити підшипник індустріальним маслом 3. Напресувати підшипник на вал в зборі 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал ведучий в зборі на загальну збірку
30	Запресувати шпонку 24 в вал 4	1. Встановити вал на призми 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Запресувати шпонку 4. Зняти вал з призм Перемістити вал на наступну позицію
30.1	Напресувати колесо 13 на вал 4	1. Встановити в вал в пристосування 2. Змастити колесо машинним маслом 3. Напресувати колесо на вал 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію

30.2	Промити і посушити вал 4 в зборі	1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Промити вал в зборі 3. Перемістити вал в зборі на наступну позицію 4. Посушити вал в зборі 5. Перемістити вал в зборі на наступну позицію
30.3	Напресувати підшипник 12 на вал 4 в зборі	1. Перевстановити вал в зборі в пристосування 2. Змастити підшипник індустріальним маслом 3. Напресувати підшипник на вал в зборі 4. Зняти вал в зборі 5. Перемістити вал ведучий в зборі на загальну збірку
40	Закрутити віддушину 27 в кришку 23	1. Встановити кришку в пристосування 2. Оглянути віддушину 3. Закрутити віддушину в кришку 4. Зняти кришку корпусу в зборі 5. Перемістити кришку в зборі на загальну збірку
50	Встановити в корпус в зборі ведучий 4 і ведений 7 вали, Встановити всі кришки торцеві 17,18,19,20,28, 29.	1. Встановити корпус в зборі в пристосування 2. Встановити кришку ліву глуху в корпус в зборі 3. Установити кільце розпірне 4. Встановити кришку торцеву в зборі на вал в зборі 5. Встановити вал ведучий в зборі в корпус 6. Встановити кришку ліву глуху в корпус в зборі 7. Установити кільце розпірне 8. Встановити кришку праву глуху в корпус в зборі 9. Встановити вал проміжний в зборі в корпус в зборі 10. Установити кільце розпірне на вал в зборі 11. Встановити кришку торцеву праву в зборі на вал в зборі 12. Встановити кришку торцеву ліву в зборі на вал в зборі 13. Встановити вал ведений в зборі в корпус в зборі 14. Перемістити корпус в зборі на наступну позицію
50.1	Встановити в корпус в зборі штифти 21,22, Встановити кришку корпусу 23.	1. Змастити штифт перший циліндричний індустріальним маслом 2. Запресувати штифт першого циліндричний 3. Змастити штифт другий циліндричний індустріальним маслом 4. Запресувати штифт другий циліндричний 5. Встановити кришку корпусу в зборі на корпус на штифти 5. Перемістити корпус в зборі на наступну позицію

50.2	Встановити шайби 24 на гвинти 25, закрутити гвинти 25.	1. Встановити шайби пружинні на гвинти 2. Закрутити гвинти попередньо 3. Закрутити гвинти остаточно 4. Контролювати легкість обертання ведучого вала 5. Зняти редуктор в зборі
60.	Фарбування	1. Пофарбувати виріб

4.11.Правила монтажу та технічного сервісу удосконаленої сушильної установки

Монтаж і експлуатація обладнання

Загальні вказівки щодо зберігання і монтажу.

Дробарка надходить до замовника розібраною на вузли, законсервовані й запаковані загальною або місцевою упаковкою на заводі.

Консервація вузлів і деталей дробарки гарантує збереження виробу протягом 12 місяців з дня відвантаження з заводу при умовному зберігання упакованих вузлів і деталей в складських приміщеннях і під навісом.

Монтаж дробарки повинен проводитися кваліфікованими фахівцями, ознайомленими з цією інструкцією.

Знання інструкції персоналом, монтуючими дробарку повинно бути перевірено комісією, призначеною керівником механослужби підприємства, що експлуатує дробарку. Документ, що підтверджує перевірку знань персоналу, монтуючого дробарку, повинен зберігатися у справі машини.

З постачальником можна укласти договір на технічне керівництво монтажем дробарки кваліфікованим шеф-інженером.

За умови дотримання цієї інструкції, а також правил приймання, зберігання та переконсервації вузлів і деталей дробарки на складі, завод протягом гарантійного строку, безоплатно замінює або ремонтує вишедші з ладу деталі, крім броні, а також поставлених з дробаркою в якості запасних частин втулок ексцентрика, і шестерні приводного валу.

Перед монтажем дробарки необхідно ретельно оглянути всі вузли, зняти з них консерваційне покриття, переконатися, що всі сполучені поверхні

і різьби не отримали ушкоджень у дорозі, а якщо такі пошкодження є, усунути їх, перевірити міцність кріплення нерухомих з'єднань.

Рухливі з'єднання, такі як підшипники приводного вала, сферичний підп'ятник, диски підп'ятника ексцентрика слід обов'язково розібрати, особливо ретельно очистити від консерваційного покриттів, оглянути тертьові поверхні та усунути пошкодження, одержувані при реконсервації і транспортуванні.

При складанні вузлів перед монтажем необхідно рухомі поверхні змастити рідким мастилом, а нерухомі сполучені поверхні - консистентним мастилом. Всі отвори повинні бути ретельно очищені і продути стисненим повітрям. Під час складання ретельно стежити, щоб на поверхні, що труться та посадкові поверхні не потрапив пил або бруд, не застосовувати брудні обтиральні матеріали та матеріали, що залишають ворсинки, нитки, шматки на робочих поверхнях.

Для змащення користуватися тільки чистими маслами і консистентними мастилами. Небезпечні щодо забруднення місця перекривати щитами або брезентами навіть при тривалих зупинках монтажних робіт.

Кожна дробарка проходить на заводі контрольну збірку і випробування на холостому ходу. Тому, як правило, при кваліфікованому монтажі ніяких додаткових припасувань деталей не потрібно.

Необхідно лише простежити, щоб всі регулювальні прокладки, на яких дробарка проходив обкатку, були встановлені при монтажі. Регулювальні прокладки передбачені під нижнім диском підп'ятника ексцентрика і між патрубком станини і фланцем корпусу приводного валу.

Особливу увагу слід приділити регулюванню прокладок під ексцентрик, на яких не допускається загини, пом'ятості та інші дефекти поверхні, що з'явилися при транспортуванні. Установка прокладок з дефектами поверхні викличе перекіс.

Перевірка кутового перекосу валів дробарки.

Кутовий перекос має бути не більше 10. Радіальне суміщення повинно бути не більше 1 мм.

При відсутності відповідних приладів для вимірювання кутового перекосу та радіального суміщення, пропонується спрощений варіант вимірювання цих величин. Закріпити на валах дробарки а електродвигуна важилі Г-подібної форми з проволоки діаметром 1…2 мм та радіусом 300 мм. Провертаючи вали замірити перекос та суміщення і при необхідності відрегулювати згідно допустимих меж.

Заміна молотків ротора дробарки.

На роторі дробарки молотки підвішені шарнірно на осях, в двадцяти рядах по 18 молотків.

Під час роботи дробарки швидше за все зношуються молотки, а особливо їх робочі кромки. Молотки мають по 2 робочі кромки і на кожній з них повинні пропрацювати біля 70 годин, в залежності від виду подрібнювального матеріалу. Обслуговуючий дробарку персонал повинен під час експлуатації дробарки контролювати, щоб робочі кромки молотків не зношувалися більш ніж до товщини δ=4 мм. Вірна експлуатація дробарок дає можливість максимального використання молотка. Для цього після зносу робочої кромки, слід перевернути молоток так, щоб він працював іншою, незношеною кромкою, зберігаючи при цьому те ж саме місце молотка в ряду. Після зносу всіх робочих кромок слід замінити молотки на нові.

Заміна молотків проводиться наступним чином:

Приготувати комплект молотків, сортуючи їх по вазі. Кожен молоток зважують з точністю до 2 грамів та вага вибита посередині молотка. Не слід монтувати молотки, вага яких невідома.

Відкрити кришку дробарки з декою.

Розкрутити гайки, які утримують вісі від вістового переміщення.

Зняти зношені молотки, виймаючи по черзі вісі.

Встановити нові молотки, дотримуючись наступних правил:

Монтувати молотки на ротор в порядку, вказаному у технічному паспорті.

В протилежних рядах(які лежать на одному діаметрі) монтувати молотки тільки однієї ваги.

Різниця загальної ваги усіх молотків протилежних рядах не повинна перевищувати 50 грамів.

Недотримання цих правил веде до підвищеної вібрації дробарки, а внаслідок цього до можливої аварії (втомлювана руйнація підшипників ротора) та підвищенню рівня шуму, яке шкідливе для людини.

Встановити гайки на вісях молотків.

Провернути вручну ротор 2-3 рази (за муфту).

Закрити кришку дробарки та затягнути гайки суміжних болтів.

Перевірити кріплення щитка муфт.

Після виконання цих операцій дробарка готова до подальшої експлуатації.

Безпека експлуатації обладнання

Для безпечної експлуатації дробарок слід дотримуватись правил, описаних в пункті 3 - «Монтаж та експлуатація обладнання», а також своєчасно проводити технічне обслуговування, дотримуючись таких правил, як:

1. Технічне обслуговування дробарки проводиться тільки підготовленим обслуговуючим персоналом.

2. Технічне обслуговування дробарки полягає в регулярному спостереженні за її роботою, періодичній заміні швидкозношуваних деталей (молотків), періодичної заміни (добавці) мастила в підшипниковому вузлі.

3. При технічному обслуговуванні необхідно перевіряти стан кріпильних вузлів. Це досягається шляхом огляду, підтягування ослаблених

з'єднань і встановлення нових кріпильних деталей замість пришедших у непридатність.

4. Підшипникові вузли при огляді за зовнішнім виглядом, шуму, температурі нагріву, зміні кольору мастила, визначають стан самих підшипників, а також посадок їх кілець. При необхідності проводиться заміна підшипників та їх змазка.

5. Роботу дробарки можна продовжувати до повного зносу і виходу з ладу окремих вузлів.

6. Необхідність заміни молотків дробарки визначається за крупності дробленого матеріалу. Показником зносу (абразивного стирання) молотків є збільшення крупності подробленного матеріалу.

7. Технічне обслуговування електрообладнання дробарки повинен здійснювати електротехнічний персонал. Обслуговування повинно виконуватися в строгій відповідності з «Правилами улаштування електроустановок», «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ

Аналіз сучасних тенденцій у виробництві електроприводів показує, що в даний час більшість з них випускають комплектні електроприводи, які конструктивно об'єднують двигун, перетворювач, датчики і регулятори швидкості і струму. Проаналізуємо тенденції у конструюванні та виробництві перетворювачів частоти, як пристроїв, що найчастіше використовуються при керуванні асинхронними електродвигунами. При аналізі структури ЕП можна виділити два канали: силовий та інформаційний. До силового каналу частини належать електричний двигун, перетворювачі електричної та механічної енергії, робочі органи, тобто всі елементи електричного приводу, через які проходить робочий потік енергії. До інформаційної частини належать пристрої, призначенні для керування електричним приводом, контролю технологічного процесу (датчики, елементи системи керування, моніторингу, лінії зв'язку і т.д.). 38 Електричний привод зв'язаний двостороннім зв'язком з електричною мережею. В разі необхідності електрична енергія перетворюється за допомогою електричного перетворювача, після чого споживається електромеханічним перетворювачем (двигуном). Призначенням механічного перетворювача є зміна швидкості, моменту, характеру руху. Силова частина може передавати енергію в обох напрямках. Для керування технологічним процесом електропривод оснащується автоматичною системою керування, яка отримує інформацію від будь-якого елементу системи електроприводу та впливає на керовані елементи. Розглянемо типові структури статичних силових перетворювачів частот.

Розглядаючи керування приводом дробарки, згідно вимогам технологічногопроцесу було обрано алгоритм непрямого векторного керування АД (IFOC). 2. Даний вид керування є достатньо енергоефективним, більш дешевшим, ніж пряме векторне керування (FOC), оскільки не потребує високої точності вимірювання координат. Цей метод також дозволяє отримати основніпереваги векторного керування, такі як плавний старт і зупинка плавнеобертання двигуна у всьому діапазоні частот, швидка реакція на зміну навантаження: при зміні навантаження практично не відбувається значної зміни швидкості, знижуються втрати на нагрів і намагнічування, підвищується ККД електродвигуна.

Для подачі в дробильну камеру сипучого корму над верхньою живила горловиною змонтований завантажувальний ківш. Подача сипучої маси регулюється поворотною заслінкою з гвинтовим механізмом. У прорізах скатних стінок корпусу дробарки на шляху руху корму закріплені магнітні сепаратори: верхній і нижній, призначені для уловлювання залізних частинок, які випадково потрапили в корм. На валу електродвигуна встановлений восьмиструмковий двоступінчастий шків клинопасової передачі. Шість клиновидних ременів від одного ступеня шківа передають обертання дробильному барабану і вентилятору. Два ременя від другого ступеня шківа обертають ножовий барабан. Для полегшення запуску двигуна, зручності управління та контролю за ступенем його завантаження та інсталяції самої дробарки агрегат укомплектований магнітним пускачем з пусковою кнопкою, плавкими запобіжниками, пакетним перемикачем, автоматичної фрикційною муфтою відцентрової дії і амперметром- індикатором. Магнітний пускач забезпечений тепловим реле, що відключає електродвигун при тривалому перевантаженні. Магнітний пускач, плавкі запобіжники і пакетний перемикач змонтовані в спеціальному виносному шафі, який встановлюють у приміщенні, де працює кормодробарка. Амперметр-індикатор призначений для спостереження за завантаженням

машини в процесі роботи і дозволяє краще її регулювати. Амперметр-індикатор і пускова кнопка магнітного пускача закріплені на пружинах спеціальної рамки, встановленої на корпусі дробарки. Рамка з приладами зроблена поворотною і забезпечує зручне спостереження за показами амперметра з робочого місця машини. Автоматично діюча фрикційна відцентрова муфта служить для полегшення пуску в роботу двигуна в агрегаті з дробаркою. Устрій її наступний. Усередині полого шківа, що обертається на валу електродвигуна в двох шарикопідшипниках, поміщені чотири фрикційні колодки, закріплені на плоских пружинах. Пружини пов'язані з хрестовиною, що сидить міцно на валу електродвигуна. Порожнистий шків з'єднаний клиноподібними ременями зі шківом молоткового (дробильного) барабана. При запуску електродвигуна в роботу шків, вільно посаджений на валу, стоїть на місці внаслідок гальмування приводними ременями. Потім, по мірі збільшення частоти обертання вала електродвигуна, фрикційні колодки під дією відцентрової сили долають пружну дію пружин і входять в зіткнення з шківом. Таким чином забезпечується автоматичне включення в роботу дробарки при досягненні валом двигуна певної частоти обертання.

Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
А	Амперметр Є 8021	1	300/5А
Р	Контактор змінного Струму КТ 6033СБУ3	1	$I_н$=250А
Тр	Трансформатор струму ТК-20	1	300/5А
М	Двигун 4А 250М2У3	1	N=90кВт n=3000об/хв
Кн1, Кн2	Пост кнопочний КЕ-081	1	
ПУСД	Панель силова ПУСД -8	1	
В	Вимикач автоматичний А3722	1	$I_н$=250А

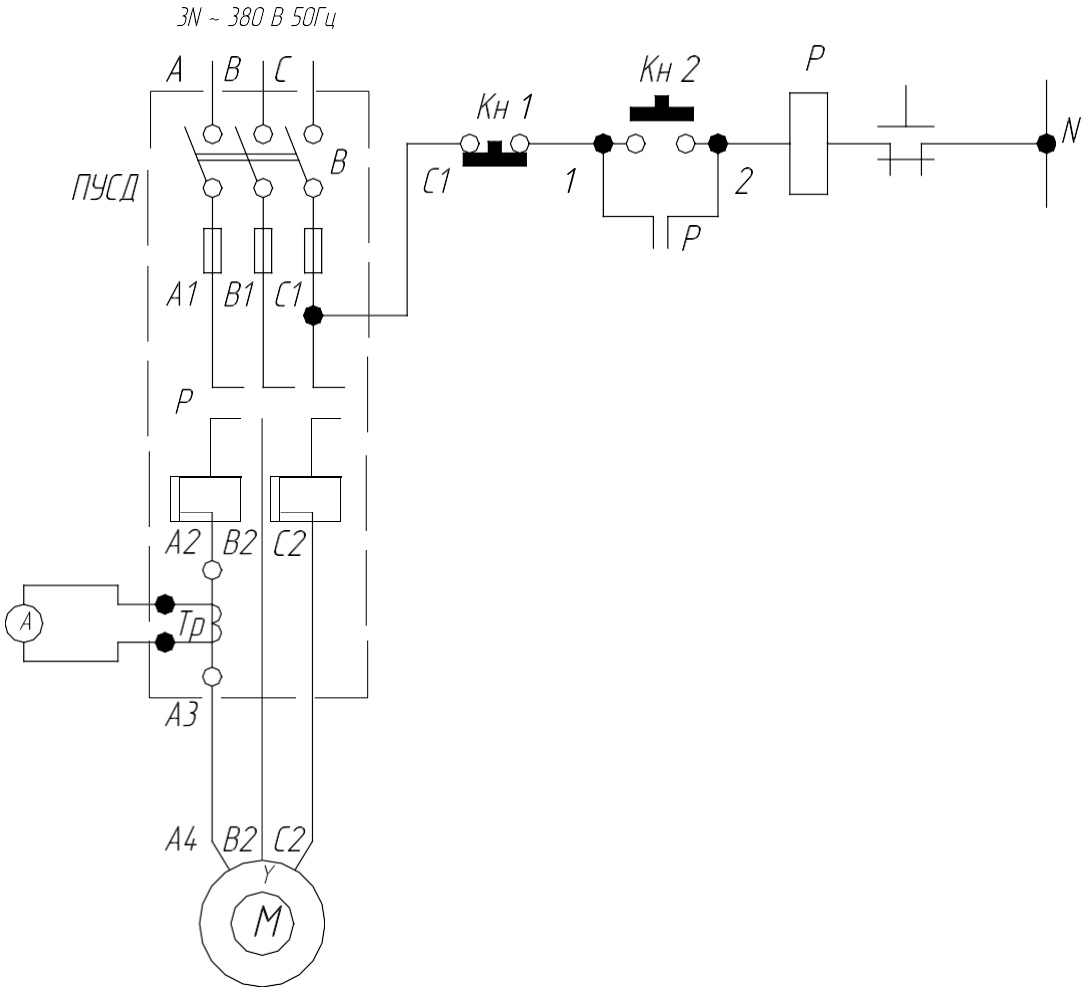


Рис. 5.1 Принципова електрична схема дробарки без пристрою автоматичного завантаження.

6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Загальні визначення та поняття

Праця сільському господарстві охороняється як нормами загального трудового права, і специфічними нормами аграрного права. Зі сказаного вище можна зробити висновок, що за охороною праці та здоров'я працівників сільського господарства стежить правове законодавство, яке забезпечує відповідні умови праці, безпеку життя та здоров'я працівників при виконанні ними своїх трудових функцій, умови, що сприяють оздоровленню працівників та ін.

Охорона праці має низку дуже важливих значень для працівників: правове, економічне та соціальне. Соціальне значення охорони праці пояснюється правами людини на життя, свободу, вільне використання своїх здібностей та майна для комерційної діяльності, право мати приватну власність, право вільно розпоряджатися своїми здібностями до праці тощо.

Правове значення охорони праці - це передусім дотримання законів та інших нормативних актів про охорону праці як роботодавцем, і працівником. Загальні вимоги щодо охорони праці та здоров'я працівників, встановлені державою, не залежать від організаційно-правової форми підприємства [34].

Правове регулювання охорони праці та здоров'я працівників проводиться на основі законів, підзаконних актів, законодавства суб'єктів України, трудового договору, колективного договору, правил внутрішнього розпорядку, прийнятих на кожному сільськогосподарському підприємстві та інших локальних нормативних актів.

Ефективне функціонування системи охорони праці сільському господарстві визначається правильним підходом до оцінки умов праці та ризиків у цій галузі [35]. Більшість сільськогосподарських робіт проводиться на відкритому повітрі, відповідно впливають на організм людини такі

фактори, як температура повітря, вологість, запиленість, і як наслідок різні алергічні реакції. Частий контакт з хімічними добривами та отрутохімікатами призводить до отруєнь.

Специфіка робіт полягає також у їхній різній інтенсивності щодо часу доби та сезонів, звідси нерівномірні навантаження на організм людини і, як наслідок, перевтому. Це призводить до підвищеного травматизму. Умови праці безпосередньо пов'язані з рівнем механізації та технологій виробництва. Прикладів небезпечних та шкідливих факторів, що призводять до втрати здоров'я та профзахворювань у сільському господарстві дуже багато.

Все це вимагає створення спеціальних служб з охорони праці в сільському господарстві, які мають стежити за умовами праці, гігієною праці, розробляти та впроваджувати відповідні норми та заходи для усунення всіх ризиків.

Аналіз небезпечних та шкідливих чинників при подрібненні зерна

При переробці сільськогосподарської продукції і, зокрема подрібненні зернових кормів, на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [36]:

1) робота машин та механізмів;

2) частини виробничих машин, що рухаються, які не укомплектовані захисними пристроями;

3) висока чи низька температура поверхонь самого обладнання чи мате- ріалів;

4) підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини;

5) нерівна, шорстка поверхня обладнання, інструментів та заготовок, яка може бути з гострими кромками та задирками;

6) умови праці, коли робоче місце розташоване на певній висоті від

підлоги;

7) наявність несправностей засобів доступу до робочого місця (сходів, майданчиків, огорож тощо);

8) слизькі опорні поверхні;

9) наявність пошкоджень ізоляції електропроводки на ручних електрифікованих інструментах та інших електричних установках;

10) несправності у накопичувальних бункерах, зламані решітки на завальних ямах;

11) вологість та (або) рухливість повітря, відмінна від нормальної;

12) недостатнє освітлення робочої зони як штучне так і природне.

Всі приведені вище фактори можуть мати місце при роботі розробленої в дипломі молоткової дробарки зерна, тому нам треба спланувати захист оператора від дії вказаних факторів.

Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів

Перед дробаркою має бути встановлений магнітний захист в відповідності до чинних правилами організації та ведення технологічного процесу для запобігання потраплянню в робочу зону магнітних домішок, які можуть викликати аварію або іскріння та вибух. Завантажувальний бункер дробарки має за- хисну решітку з розміром комірок 20х20 мм для запобігання потраплянню сторонніх предметів.

Ротор дробарки статично відбалансований в зібраному вигляді. Молотки надійно закріплені, не мають тріщин або інших дефектів. Молотки не повинні зачіпати за деку і решето, щоб уникнути іскріння.

Робота проектованої дробарки з підвищеною вібрацією та іншими несправностями не допускається. Пуск дробарки здійснюється тільки в

незавантаженому стан після ретельної перевірки відсутності в ній сторонніх предметів.

До пуску в роботу слід перевірити укомплектованість, кріплення та стан молотків на роторі та цілісність решіт. При появі стуку чи інших несправностей машина повинна бути негайно зупинена для виявлення та усунення при- чин несправності. При пуску дробарка має бути спочатку пропущена вхолосту, потім з поступовим завантаженням до необхідної. При цьому мають бути вжиті заходи проти зворотного викиду продукту. Молоткова дробарка встановлювлена на віброізолюючих основах.

Привід дробарки повинен вимикатися при перевантаженні робочих органів. Дробарка повинна мати пристрої аварійного відключення, що виключають можливість травмування працівників у разі порушення режиму роботи дробарки або виникнення несправностей.

Правила безпечного виконання робіт при подрібненні зерна

До роботи на дробарці допускаються особи не молодші 18 років, визнані придатними до цієї роботи медичною комісією, які пройшли навчання за навчальною програмою, що мають посвідчення на право виконання даної роботи. Працівник, що надходить на роботу, повинен пройти вступний інструктаж за безпечними методами та прийомами праці, екологічними вимогами, а також первинний інструктаж на робочому місці, про що мають бути зроблені відповідні записи в журналах з обов'язковим підписом інструктованого та інструктуючого. Працівник після первинного інструктажу на робочому місці та пере- вірки знань протягом перших 3 - 5 змін (залежно від стажу, досвіду та характеру роботи) виконують роботу під наглядом бригадира або майстра, після чого оформляється допуск їх до

самостійної роботи. Допуск до самостійної ро- боти фіксується датою та підписом інструктуючого у журналі реєстрації інструктажу.

Перед початком роботи оператор дробарки згідно з [37] зобов'язаний:

одягнути спецодяг та спецвзуття, підготувати засоби індивідуального захисту, перевірити їх справність;

ознайомитись з умовами роботи попередньої зміни;

отримати на робочому місці точні та конкретні вказівки від бригадира (майстра) щодо виконання завдання, безпечних прийомів та методів праці;

ознайомитись із технологічною картою виконання робіт. Перевірити:

справність освітлення;

наявність та справність комплекту інструментів та приладдя;

наявність необхідних засобів пожежогасіння та надання першої долі- карської допомоги. Перед пуском дробарки оператор зобов'язаний перевірити:

справність звукової та світлової сигналізації;

наявність та цілісність заземлення шляхом зовнішнього огляду;

справність системи обезпилювання;

стан кріплення болтових з'єднань всіх частин та вузлів, фундаментних болтів.

Не допускається обробка зерна та інших продуктів без очищення від металевих та інших сторонніх домішок. Молоткову дробарку пустити вхолосту, попередньо переконавшись у відсутності людей у площині обертання ротора та поблизу викидної горловини, подавши попереджувальний сигнал. Після ви- ходу двигуна на номінальні оберти повільно відкрити засувку на живильному бункері, забезпечуючи рівномірність подачі подрібнюваного продукту. Засипаючі в бункері сипучі (зерно, гранули) і засипають у приймальній горловині несипкі продукти

звільнити за допомогою проштовхувача довжиною не менше 1 м, виконаного з деревини або пластмаси, що легко руйнуються у разі захоплення. Забороняється до повної зупинки двигуна машини відкривати люки шлюзових затворів, знімати кожухи, змащувати, підтягувати різьбові з'єднання і проводити всі види технічного обслуговування. Під час ремонту користуватися лише справним інструментом. При кожній зупинці видаляти борошняний пил з машини, обладнання. Періодично проводити вологе прибирання та провітрювання приміщення, повітря зволожувати, відновлювати герметичність повітроводів.

По завершенні роботи припинити послідовно роботу живильників, дозаторів і вивести подрібнювач на холостий хід, закрити заслінки, що живлять, і вимкнути двигун. Вимкніть електричні двигуни, натиснувши на червону кнопку і витягніть вилку з розетки. Після зупинки очистити машину та робоче місце від залишків продукту, оглянути та усунути помічені недоліки. Про серйозні недоліки (порушення регулювання, знос деталей тощо) повідомити керівника робіт (бригадира), змінника. Інструмент та пристрої (проштовхувач, чистики тощо) прибрати в шафу, здати на зберігання або замінніку. Зняти спец- одяг та засоби індивідуального захисту, прийняти душ.

При появі сторонніх шумів, запаху гару, диму, виявленні несправностей, іскріння електрообладнання, появі електричної напруги на деталях, підвищення нагрівання поверхні підшипників, редукторів, інших частин машин, порушення цілісності захисних пристроїв негайно зупинити подрібнювач: натисніть на червону кнопку, витягніть з розетки вилку та повідомте керівника робіт. Після аварійної зупинки машина має бути звільнена від продукту. У разі травмування вжити заходів щодо надання

долікарської допомоги потерпілому, звернутися за допомогою до медичного працівника та сповістити керівника робіт.

Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

Однією з можливих надзвичайних ситуацій в Дніпрі може бути гідродинамічна аварія - подія, пов'язана з виходом з ладу (руйнуванням) дамби Кам'янського водосховища, і некерованим переміщенням великих мас води, що несуть руйнування і затоплення великих територій. Тому розглянемо порядок дій при її виникненні.

При отриманні інформації про загрозу затоплення та евакуацію невідкладно, в установленому порядку виходьте (виїжджайте) з небезпечної зони до призначеного безпечного району або на високі ділянки місцевості. Візьміть із собою документи, цінності, предмети першої необхідності та запас продуктів на 2-3 доби. Частину майна, яке потрібно зберегти від затоплення, але не можна взяти із собою, перенесіть на горище, верхні поверхи будівлі, дерева тощо.

Перед виходом з будинку вимкніть електрику та газ, щільно закрийте ві кна, двері, вентиляційні та інші отвори.

При раптовому затопленні для порятунку від удару хвилі прориву терміново займіть найближче піднесене місце, заберіть на велике дерево або верхній поверх стійкої будівлі. У разі знаходження у воді, при наближенні хвилі прориву пірніть у глибину біля основи хвилі.

При підтопленні вашого будинку відключіть його електропостачання, подайте сигнал про перебування у будинку (квартирі) людей шляхом вивішування з вікна вдень прапора з яскравої тканини, а вночі – ліхтаря. Для отримання інформації використовуйте радіо з автономним живленням. Найбільш цінне майно перемістіть на верхні поверхи та горища. Організуйте

облік продуктів харчування та питної води, їх захист від впливу води, що прибуває, та економне витрачання.

Готуючись до можливої евакуації по воді, візьміть документи, предмети першої необхідності, одяг та взуття з водовідштовхуючими властивостями, підручні рятувальні засоби (надувні матраци, подушки).

Не намагайтеся евакуюватись самостійно. Це можливо тільки при видимості незатопленої території, загрозі погіршення обстановки, необхідності отримання медичної допомоги, витратах продуктів харчування та відсутності перспектив отримання допомоги з боку.

Висновки

Приведено основні визначення та поняття щодо охорони праці в сільському господарстві. Визначено, які саме небезпечні чинники виникають при подрібненні зерна, запропоновано ряд заходів для запобігання та уникнення дії визначених чинників. Розроблено порядок безпечної роботи при подрібненні зерна та порядок дій при виникненні гідродинамічної аварії.

Екологічні проблеми сучасності.

Увага вчених – екологів на сучасному етапі зосереджена на вирішенні кількох кардинальних проблем, у яких фокусуються основні напрями і розділи сучасної екології. Успіхи в їх вирішенні значною мірою визначають прогрес усієї екології. Серед цих проблем можна виділити такі:

1. *Керування продукційними процесами*. Вирішення цієї проблеми спрямоване на розробку заходів раціонального використання природних ресурсів.

2. *Стійкість природних і антропогенних ценозів*. Ця проблема пов’язана з теорією сукцесій, питанням видового різноманіття та специфіки ценотичних зв’язків.

3. *Регуляція чисельності і популяцій*. Ця проблема лежить в основі розробки комплексу заходів, спрямованих на керування динамікою чисельності шкідників лісового і сільського господарства, носіїв хвороб сільськогосподарських тварин і людини, а також чисельності промислових і розвідних видів.

4. *Екологічні механізми адаптації до середовища*. Результати таких досліджень зумовлюють успіхи освоєння людиною екстремальних ландшафтів – високогірних, пустельних, арктичних, тощо.

5. *Екологічна індикація*. Вирішення цієї проблеми пов'язане з потребами різних галузей промисловості, сільського господарства, морського промислу, а також необхідністю збереження середовища проживання людини. Завдання екологічної індикації – визначення властивостей тих чи інших компонентів і елементів ландшафту та встановлення напрямів їх змін за видовим складом організмів, що проживають у даних умовах. Екологічну індикацію використовують для діагностики типів ґрунтів і напрямку змін ґрунтоутворювального процесу, для визначення якості води й повітря, пошуку корисних копалин, особливо розсіяних, які не визначаються за допомогою геологічних і геофізичних методів.

6. *Екологізація виробництв*. Вирішення цієї проблеми пов'язане з виробництвом екологічно – безпечної продукції при мінімальних витратах природних ресурсів (сировини, енергії, палива та інших матеріалів) з утворенням мінімальної кількості не утилізованих та розсіюваних відходів, які не порушують функціонування природних екосистем та біосфери загалом.

Отже, досягнення екології пов'язані з вирішенням низки найактуальніших завдань сучасності. Екологічні принципи поступово

проникають у все ширше коло проблем сучасності людини. Зокрема, досягнення сучасної екологічної науки потрібно враховувати при створенні штучних екосистем, оволодінні глибинами Світового океану й космічного простору, розвитку будівництва міст майбутнього, створенні автоматичних виробничих комплексів з штучним мікрокліматом, розробці планів господарювання із забезпеченням раціонального природокористування.

Екологічні проблеми харчової промисловості.

Екологія – це наука про взаємозв'язок живих організмів між собою та навколишнім середовищем, тобто по взаємодію суспільства і природи, людини і середовища.

Харчова промисловість, як і будь яка інша, має вплив на екологію. За обсягом відходів агропромислове виробництво значно випереджає багато галузей.

Споживання води на заготівельних та переробних підприємствах зв'язане з миттям, очищенням сировини, застосуванням гідро транспортерів, використанням води , як охолоджувача (теплоносія) в двигунах, машинах та апаратах, екстрагента, а також з витратами води на господарські та побутові потреби.

Використання води можна розподілити на дві категорії: технологічні та технічні. В результаті цих витрат утворюються стічні води з різною концентрацією та видами забруднень: господарсько – побутові, транспортні та інші.

Частина води повертається у природні водоймища зі значною кількістю забруднень, які наносять збитки довкіллю. Головною причиною цих збитків є недосконаліть очисних споруд із прямоточними схемами очищення. В інших випадках стічні води сільськогосподарських підприємств містять цінні компоненти, які можна використати в народному господарстві.

Зростаючі потреби на воду і погіршення її якості постають у число актуальних проблем раціонального використання і охорони водних запасів – важливої складової частини національного багатства України. В проектах харчових підприємств передбачаються складні очисні споруди, які займають велику земельну площу.

У зв’язку з нестачею прісної води в даний час створилася серйозна загроза забруднення навколишнього середовища, в тому числі і водоймищ. Це зобов'язує вжити серйозні та термінові заходи по охороні і економному використанні водних ресурсів.

Велика кількість органічних речовин, які містяться у відпрацьованих водах харчових підприємств, розкладають кисень і тим самим порушують складні біологічні цикли у річках та інших водоймищах. Деякі води містять токсичні речовини, отруюють водяну флору і фауну.

Стічними водами забруднюються водні басейни, сотні гектарів родючих земель залишаються не використаними, внаслідок чого недоодержано багато сільськогосподарської сировини, придатної для харчової та переробної промисловості. Порушення норм якості води досягло рівнів, що призводить до деграда-

ції водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення країни вживає недоброякісну воду, що загрожує здоров’ю нації. Втрати свіжої води на одиницю виробленої продукції перевищують показники розвинених країн Європи в 2,5-4,5 рази.

Основними джерелами забруднення поверхневих вод є скидання неочищених чи недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод, поверхневий стік води з сільськогосподарських угідь та забудованих територій, а також ерозія ґрунтів на водозабірній площі. Це

зумовило трансформацію поверхневого природного ландшафту на 80 % поверхні басейну.

Тонни шкідливих газів викидають в атмосферу теплові електростанції, заводи, фабрики. Вміст токсичних речовин і вихлопних газів автомобілів значно перевищує загальноприйняті норми. Недбайливе ставлення до землі, води, біосфери в цілому призвело до того, що рослинний і тваринний світ став також небезпечним для людини. Назріла необхідність негайного вирішення екологічних проблем.

Значна кількість шкідливих речовин (до 80 %) надходить у організм людини з їжею та напоями. До них належать сполуки, що утворюються в процесі технологічної та кулінарної обробки, харчові добавки, а також побічні забруднювачі. Останні ділять на дві основні групи: екзогенні та ендогенні. До екзогенних належать сполуки, які потрапили в харчові продукти із зовнішнього середовища. Наприклад, в рослинну продукцію – внаслідок застосування понаднормованих доз мінеральних добрив, пестицидів; у тваринницьку – стимуляторів росту тварин, антибіотиків. До цієї ж групи належать екстракти тари, технологічного обладнання, рештки дезинфікуючих або мийних засобів, промислових відходів та ін.

Другу групу становлять ендогенні речовини, що утворюються у сировині й продукції під дією фізичних і хімічних факторів, а також внаслідок взаємодії складових частин та екзогенних речовин.

Останнім часом у харчовій промисловості застосовують різноманітні добавки з метою подовження терміну зберігання, поліпшення смаку, аромату, кольору продукту. На жаль, деякі хімічні консерванти можуть призводити до утворення канцерогенних нітрозамінів з таких попередників, як нітрити, аміни та аміди.

Слід зазначити, що забруднення навколишнього середовища відбувається, перш за все, внаслідок некомпетентності людини в питанні екології. Людство повинно знайти шляхи запобігання зараженню та забрудненню харчових продуктів.

Такими шляхами можуть бути:

- Широка, постійна та оперативна інформація про дійсний хімічний склад, придатність і безпечність всіх видів харчових продуктів.
- Обмеження та контроль за застосуванням азотних добрив, які є причиною нагромадження у сільськогосподарських продуктах і кормах шкідливих для здоров'я нітратів.
- Заборона використання багатьох засобів захисту рослин, деяких добрив, що призводять до забруднення продуктів шкідливими речовинами.
- Запобігання випадкам різного роду аварійних викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. А якщо це сталося і існує загроза забруднення харчових продуктів, необхідно терміново заборонити переробку худоби, молока та інших сільськогосподарських продуктів.
- Розробка науково обґрунтованих державних стандартів. Вони повинні регламентувати вміст шкідливих речовин (або певну недопустимість), таких як нітрати, радіонукліди, важкі метали, пестициди, канцерогенні речовини та їх попередники, афлатоксини, антибіотики, хімічні речовини, що застосовують для обробки сировини і обладнання та ін.
- Створення державних санітарно – контрольних лабораторій для визначення екологічної чистоти харчових продуктів, проведення глибо-

кого аналізу екологічних обставин у різних регіонах України, розробка обґрунтованих рекомендацій щодо їх поліпшення.

- Підготовка (або перепідготовка) фахівців у галузі сучасних проблем екології та екологічного захисту продуктів харчування.

Основними розділами програм підготовки спеціалістів з питань екології повинні бути:

- Основні проблеми екології й сучасні екологічні ситуації;
- Антропологічні основи кризових екологічних явищ;
- Екологія та її вплив на людину;
- Шляхи поліпшення екологічних обставин у регіональних масштабах;
- Методи захисту сільськогосподарської сировини та продуктів харчування від дії несприятливих екологічних факторів;
- Раціональне використання сировини та харчових продуктів, яки опинились під несприятливим впливом навколишнього середовища;
- Виведення шкідливих речовин з організму людини.

Екологічні проблеми комбікормової промисловості.

Інтенсивний розвиток енергоємних виробництв, що зв'язані з переробкою природної сировини, активна хімізація сільського господарства та багатьох галузях промисловості породили складні екологічні проблеми. У сучасній екології важливе місце займає розробка питань взаємодії людини і біосфери.

Небажаний вплив підприємств комбікормової галузі на навколишнє середовище пов'язано з рядом факторів, серед яких найбільш вагомими є:

- Забруднення прилеглої території пиловидними викидами; при нормально організованій системі аспірації обладнання це практично виключається;
- Виниклий при роботі технологічного та допоміжного обладнання шум, особливо при роботі подрібнюючи машин та повітродувок; слід застосовувати спеціальні заходи для його зниження;

- Вібрація; при сучасних методах монтажу обладнання та будівництва промислових будівель не відчувається навіть в промисловому корпусі;
- Скид в каналізацію неочищених стічних вод з виробництва; у зв’язку в з відмовою від миття зерна на млинах це питання втратило сенс.

Однак повністю признати екологічно чистим комбікормові підприємства не можна. При розміщенні їх серед жилих масивів шум все – таки турбує жителів поблизу розташованих будинків, але в іншому воно екологічної небезпеки не представляють.

Екологічне обґрунтування.

Як бачимо, комбікормова промисловість не є значним забруднювачем навколишнього середовища. Однак розглянемо, як зміниться екологічний вплив на навколишнє середовище, якщо встановити безситову дробарку з дозуючим пристроєм на типовий комбікормовий завод.

- Завдяки дозуючому пристрою, що забезпечує безперервну і рівномірну подачу сировини, що не дає машині перевантажувався або працювати не на повну потужність, зменшується кількість пилу, що утворюється під час подрібнення сировини. Завдяки цьому зменшуються викиди в атмосферу органічного зернового пилу.
- В результаті розробки нової машини зменшиться потужність двигуна. Це призведе до зменшення використання електроенергії, тобто до економії паливно – енергетичних ресурсів та зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище.
- Введення нової машини в типовий комбікормовий завод дозволяє підняти продуктивність при однаковій кількості початкової сировини. Це призведе до зменшення загальної кількості відходів, викидів та скидів

по заводу.

Характеристика викидів.

До основного виробництва комбікормового заводу відносять цехи: прийомки зерна, подрібнення, змішування, гранулювання. До допоміжних цехів відносять: фасовочний та цех механізації. В процесі роботи цехів заводу виділяються шкідливі речовини. Зі складів зерна у навколишнє середовище попадає зерновий пил та відходи. Під час розвантаження залізничних вагонів або автомобілів теж утворюються неорганізовані викиди.

Зварні роботи на заводі проводяться на відкритій території. Джерела викидів – неорганізовані. В атмосферу викидаються: зварний аерозоль, оксиди азоту, оксиди вуглецю.

При подрібненні сировини виділяється значна кількість зернового пилу, який є вибухонебезпечним і який вловлюється за допомогою фільтрів.

Характеристика скидів.

Виробничі стічні води, які утворюються на комбікормових заводах, вміщують: розбавлений транспортерно – мийний осад, воду від мийки апаратури, з лабораторій.

Для зменшення негативного впливу стічних вод на навколишнє середовище необхідно застосовувати методи механічної, фізико – хімічної і штучно – біологічної очистки стічних вод, утилізації утворених осадів або повну ліквідацію осаду (відмовитися від миття зерна і задовольнитися тільки його сепаруванням), а також повернення очищених стічних вод на технологічні потреби заводу.

Характеристика відходів.

Відходи – це некормовий продукт, який складається з мінерального пилу і мінеральних домішок, соломи стих частинок, шкідливої домішки. Вміст зернових продуктів у відходах не більше 2%. До зерна в побічних продуктах і відходах відносять зерно зернових і бобових культур, які за характером пошкоджень не відносяться до сміттєвої домішки. До основного зерна в побічних продуктах і відходах відносять цілі зерна пшениці (при переробці пшениці) або жита (при переробці жита), що сходять з сита 1.7х20 мм (для пшениці) і 1.4х20 мм (для жита) і не відносяться до зернової або сміттєвої домішки. При наявності в побічних продуктах і відходах більшої кількості основного зерна вони підлягають додатковій обробці з метою вилучення основного зерна. Побічні продукти і відходи за своєю якістю повинні відповідати вимогам діючих стандартів і технічних умов.

Висновки.

Розглядаючи проблеми з екології в одній з харчових галузей України – комбікормовій промисловості, слід зазначити, що майже завжди виконуються вимоги щодо охорони навколишнього природного середовища.

Запропонована нами розробка безситової дробарки в значній мірі вирішує екологічні проблеми, а саме зменшується надходження типових забруднень в атмосферу, які подразнюють дихальні шляхи, спричиняють серцеві захворювання, а також зменшуються витрати органічного палива. Це призводить до раціонального використання природних ресурсів та зменшення викидів в атмосферу, які призводять до руйнування озонового шару і утворення кислих дощів.

Але працівникам комбікормової промисловості необхідно цілеспрямовано працювати над тим, щоб зернове виробництво України було

ще більш екологічно безпечним. Щоб досягти цього, на всіх комбікормових заводах повинні впроваджуватися та вдосконалюватися наступні заходи:

1) для зменшення газоподібних викидів від енергетичних установок та зварювальних робіт, використовувати малосірчисте паливо та правильно розробляти режим його спалювання;

2) застосування та вдосконалення оборотних схем водопостачання та каналізації з максимальним зниженням кількості стічних вод.

7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Основна відмінність побудови технологічних процесів на комбікормовому виробництві, в порівнянні з млинами та круп'яними заводами, полягає у переробці багатьох видів сировини (понад 100 найменувань) із різноманітними технологічними властивостями. Сировина рослинного, тваринного, мікробіологічного та мінерального походження представлена сипучими, крупнокусковими, пресованими та рідкими матеріалами.

Виробництво складається з технологічних операцій, що послідовно виконуються: прийом компонентів, транспортування, розміщення і тимчасове зберігання, очищення, подрібнення, дозування, змішування та ін.

Подрібнення сировини – важлива та енергоємна операція **при виробництві комбікормів**. Засвоюваність комбікормів тваринами знаходиться у прямій залежності від крупності частинок компонентів, що входять до їх складу. Якість комбікормів при будь-якій крупності розмелювання тим вище, чим менше в ньому борошнистого продукту (прохід через сито з отворами розміром 0,2 × 20 мм). Це зв'язано з тим, що борошнисті продукти забивають перистальтику кишечника тварин.

Найбільше застосування для дрібного подрібнення сировини отримав спосіб подрібнення ударом у молоткових дробарках. Використовують переважно одноротрні дробарки. Для критерія оцінки ступеня подрібнення використовують показник, який називають модулем крупності розмелювання. Числовий показник ступеня розмелювання визначається такими значеннями розміру частинок: (2,0 ... 1,8) мм - великий розмел; (1,8 … 1,0) мм – середній; (1,0 ... 0,2) мм - дрібний розмел. Ступінь подрібнення залежить від виду та віку тварин та птахів, для яких призначений даний комбікорм.

Лущення зерна плівчастих культур проводять з метою відокремлення оболонок від ядра вівса та ячменю, що використовують для виробництва комбікормів, призначених для поросят та птиці. Це пов'язано з тим, що їх кормо-перетравлюючі органи не здатні до перетравлення грубих кормів з високим вмістом клітковини. Тому овес і ячмінь використовують у подрібненому вигляді лише після обов'язкового попереднього відділення оболонок. Для лущення використовують різні способи. **При першому способі**: оболонки відокремлюють за допомогою тих самих машин, що й на круп'яних заводах (оббивальні машини з абразивним циліндром, відцентрові лущильники, лущильні машини). **При другому способі**: зерно спочатку подрібнюють у молоткових дробарках або вальцьових верстатах, потім подрібнений продукт сортують у просіюючих машинах, розділяючи його за допомогою решіт на три фракції. Першу сходову фракцію направляють на повторне подрібнення, друга сходова фракція направляється в повітряний сепаратор для виділення з неї лушпиння і об'єднується з проходовою фракцією, що представляє собою подрібнений ендосперм зерна. До першого способу слід віднести порівняно високий вихід лущеного зерна вівса і ячменю. Другий спосіб характеризується більшою продуктивністю, простотою та універсальністю.

Для покращення якості зерна, руйнування крохмалю до легкозасвоюваних норм, знешкодження шкідливих речовин та значного підвищення поживної цінності зернової сировини використовують спеціальні способи її підготовки: плющення, підсмажування, екструдування, мікронізація та ін.

Ринок комбікормів і премісів в Україні аналізувався компанією *Pro-Consulting* в жовтні 2020 року. Маркетингове дослідження ринку дозволило визначити такі його важливі параметри, як ємність, обсяг власного

виробництва, експорт та імпорт, виявити основні фактори впливу та тенденції розвитку.

Ринок комбікормів і premіксів в Україні розвивається відповідно до стану справ у вітчизняному тваринництві. У структурі поголів'я сільськогосподарських тварин (крім птиці) найбільшу частку займають свині, на другому місці - велика рогата худоба. Відповідним чином формується попит на ринку комбікормів і premіксів в Україні. Разом з тим, найбільш ємним сегментом ринку є корм для птиці, частка якого в 2019 році становила 65% від загального обсягу.

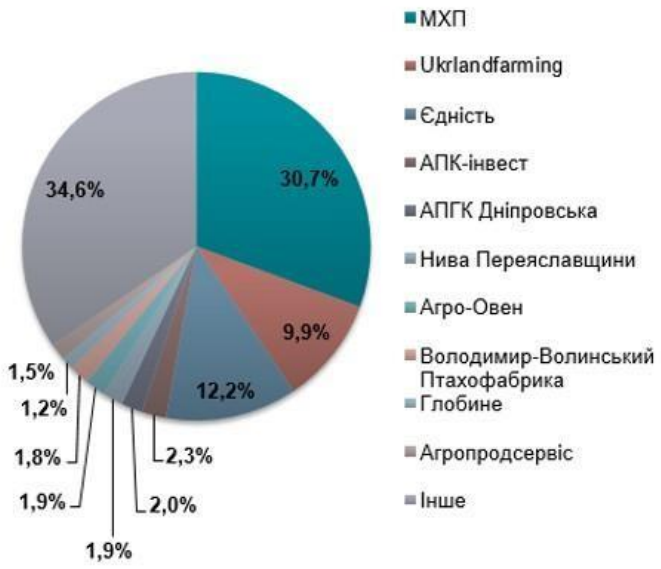
Можливо, вам буде цікаво прочитати про бізнес план виробництва комбікорму - ознайомтеся з матеріалом

Джерело: за даними Державної служби статистики, оцінка Pro-Consulting

Моніторинг ринку комбікормів і преміксів в Україні показує, що в секторі комбікормів на ньому переважає продукція вітчизняного виробництва, а що стосується преміксів, то близько половини їх об'єму мають імпортне походження.

Лідерами з виробництва на ринку комбікормів і преміксів в Україні є вертикально інтегровані агрохолдинги, перша десятка яких забезпечує більше 65% ринку.

Частки виробників кормів на ринку України в 2020 році (холдинги), %



Джерело: за даними бази даних виробників України, оцінка Pro-Consulting

Аналіз ринку комбікормів і premіксів в Україні свідчить про те, що значний вплив на нього справили карантинні обмеження початку 2020 року. На ринку виник дефіцит компонентів кормів китайського виробництва, до цього додалися зміни цінової кон'юнктури в місцях відвантаження і девальвація національної валюти. Всі ці фактори негативно позначилися на ринку комбікормів і premіксів в Україні та їх вплив буде тривати ще деякий час.

В Україні утворюється чималий надлишок зернових, тож ціни на головні складові кормів — пшениця і кукурудза, соя і ячмінь — і далі знижуються. Причина та сама — частково заблоковані морські порти та відсутність обсягів довоєнного експорту.

«Станом на серпень 2022 року вартість основних зернових інгредієнтів кормів для сільськогосподарських тварин зменшилася на 40% у порівнянні з аналогічним періодом 2021 року та є такою: пшениця фуражна — 4100 грн/т (на 36% менше); кукурудза фуражна — 4700 грн/т (на 33%); ячмінь фуражний — 4000 грн/т (на 35%); соняшниковий шрот — 3000 грн/т

(на 70%); соєвий шрот — 14 тис. грн/т (на 22%)». Тож оскільки ціни на ринку зерна у цьому сезоні залишаються низькими, хоч і спостерігається незначне коливання вартості (+/−10%) відповідно до регіону України, така ситуація є сприятливою для українського тваринництва. Оскільки корми — складова виробництва тваринницької продукції, то для цієї галузі агросектору відсутність зростання цін на них є перевагою. «Зараз найкращий час нарощувати поголів'я свиней, птиці всіх видів, поголів'я м'ясної ВРХ, а ще подивитися в бік перероблення та виробництва молока і продукції з нього. Чому? Зростання світових цін створить попит на українську продукцію. А сировина, тобто корми, враховуючи проблеми з експортом, у нас зараз дешева і лишатиметься дешевою. Відповідно, маємо умови для непоганої маржинальності. Це питання необхідно піднімати на рівні Міністерства аграрної політики. Це стратегічно вигідний напрям, і можливо, знайшлися б кошти, хоча б донорів, щоб усе профінансувати. Бо це дасть шалену віддачу в майбутньому», Для виробництва комбікормів потрібні мікроелементи, вітаміни та інші кормові добавки, котрі переважно імпортують в Україну. Ціни на такі складові в середньому зросли на 20−25% (проти липня 2021 року). «Стрімке зростання цін на ці складові зумовлено зміною логістичних шляхів, вартістю валют, девальвацією гривні, здорожчанням логістичних витрат та ризиками під час ввезення закордонної продукції в Україну внаслідок бойових дій. До повномасштабної війни основна частина перевезень відбувалася через морські порти в контейнерах з подальшим сухопутним транспортуванням до складів. Та навіть попри це, ситуація максимально сприятлива для розвитку птахівництва і тваринництва. На внутрішньому ринку вже подекуди складно знайти молодняк свиней чи птиці. Адже більшість підприємців, котрі зайняті у тваринництві, вже почали нарощувати поголів'я. Крім зернових та

олійних культур нового врожаю, в країні залишаються перехідні залишки попереднього врожаю на рівні 25,1 млн тонн, що у 4,2 раза перевищує показник попереднього сезону та сумарний валовий збір нового врожаю у 55,9 млн тонн. Тож не складно спрогнозувати, що в Україні і далі спостерігатиметься профіцит зернових на внутрішньому ринку та зниження цін на них, якщо ситуація з вивезенням збіжжя за кордон і далі буде блокуватися внаслідок російської експансії. Дров у вогонь, як кажуть, підкидає ще й ситуація з дефіцитом місткостей для зберігання зерна на рівні 16,3 млн тонн та очікуване підвищення ціни на газ, котрий потрібен під час сушіння зернових за їх зберігання. Тож землероби, хочуть вони цього, чи ні, вже змушені продавати (і продають) врожай відразу ж після збирання і просто з коліс, ймовірно, за ціною собівартості, якщо не нижче. Врожай минулих сезонів усе ще зберігають у сховищах через неможливість експортувати його наземними та річковими шляхами великих обсягів. Є імовірність, що частина нового врожаю залишиться у полі. Одним і поки єдиним прийнятним шляхом розв'язання цієї проблеми є перероблення надлишків на корм для тварин і птиці. Наприклад, в агрохолдингу KSG Agro ще до війни планували горох у сівозміну. Наразі бобова культура може стати своєрідною протеїновою заміною сої у кормах для свинокомплексу. В компанії планують збільшити посіви гороху до 500 га під врожай 2023 року. «Ситуація на ринку зараз склалася непогана для тих, хто вирощує свиней, корів чи птицю. Ціни на зернові відчутно впали. Фермери почали нарощувати поголів'я, закупати зернові. Цьогорічна ситуація на ринку зернових та кормів насправді стане потужним поштовхом для розвитку тваринництва і птахівництва. Особливо молочного тваринництва. Бо якщо раніше потужні зернові компанії тримали корів, а подекуди і свиней чи птицю як такий собі «соціальний баласт» для вдоволення потреб пайщиків,

то сьогодні всі зрозуміли, що тваринництво треба розвивати, бо на зернових не заробиш. А от їсти м’ясо й пити молоко люди завжди хочуть і будуть»,

Ціна на курятину лишається стабільною та маржинальною для її виробників. Якщо ще в березні-травні виробництво кормів для цієї галузі демонструвало стабільне падіння, бо більшість господарств вирізало поголів’я та не планувало садити нову птицю, то ближче до середини літа та початку осені ситуація змінилася на протилежну. Тож на корми для птиці на ринку готових комбікормів знову припадає не менше 65% всього виробництва кормів, що пояснюється як розвитком українського птахівничого ринку, так і поступовим зростанням споживання м’яса птиці. Корми для свиней займають 17%, ВРХ — всього 9%. Ці цифри, за оцінками самих гравців ринку, так само починають зростати. Ринок птахівничий оживає. Збільшуються потужності виробництва, господарства адаптуються під роботу в нових реаліях. А цінова політика на ринку зернових сприяє відновленню роботи всіх підгалузей тваринництва та птахівництва. Офіційна інформація щодо запасів зернових культур в Україні, наявна станом на 1 лютого 2022 р.: за даними ДССУ, загальна наявність зерна у сховищах, що звітують, на вказану дату становила майже 26,3 млн тонн, або більше 30% від загального обсягу виробництва зернових у 2021 р. З урахуванням наслідків військового вторгнення Росії (суттєве скорочення експорту та пошкодження виробничої інфраструктури), за нашими оцінками, у лютому-березні 2022 р. було експортовано та підготовлено до експорту дещо більше 6,4 млн тонн та перероблено і спожито на внутрішньому ринку близько 2,6 млн тонн зернових культур. Таким чином, станом на 1 квітня підзвітний обсяг запасів можна оцінити у 17,3 млн тонн.

Для розуміння доступності запасів для подальшого експорту та переробки треба взяти до уваги кілька ключових факторів:

- значна частина запасів (20-30% в залежності від культури) залишається поза звітністю, що збільшує загальну наявність зерна в Україні;

- в середньому близько 60% запасів зернових культур формуються безпосередньо на підприємствах сільгоспвиробників, що формує розподіл невеликих партій по більшій території країни, ніж при консолідації в умовах великих елеваторів, а також підвищує ймовірність збереження запасів при військових діях;

- аналіз структури запасів станом на 1 лютого показує, що наразі близько 43% обсягів може бути зосереджено в небезпечних та умовно безпечних регіонах, а близько 16% - в регіонах, що залишаються небезпечними станом на 10 квітня;

- аналіз наявної бази елеваторів показує, що близько 39% потужностей зі зберігання розташовано в небезпечних та умовно безпечних регіонах, а 16% - в найбільш небезпечних областях.

Розміщення запасів у небезпечних регіонах не означає їхню повну втрату. Але це обмежує доступ до них, у першу чергу для експорту. І при цьому ризики фізичної втрати частини запасів усе ж таки залишаються високими.

З урахуванням вказаних факторів, а також в умовах обмеженого експорту, за нашими оцінками, рівень втрат зерна за результатами 2021/22 МР може досягти 5,8 млн тонн, що в 3,9 рази перевищує показник минулого сезону, а також середнє значення попередніх 5 сезонів.

Крім того, за відсутності активного експорту кінцеві залишки за результатами сезону можуть сформуватися на рекордному рівні в 19,3 млн тонн, але скільки з них будуть доступними для переміщення і використання, наразі залишається великим питанням.

Наступного 2022/23 МР через прогнозований менший валовий збір рівень перехідних залишків може стабілізуватися і досягнути 6,7 млн тонн. Але рівень втрат може залишатися досить високим, у т.ч. і в результаті втрат частини перехідних залишків поточного сезону.

Кормове споживання

Як уже зазначалося, кормове споживання зернових культур складає суттєву частку внутрішнього розподілу. В умовах війни для цього сегменту також характерними є певні зміни. В першу чергу, зміни обумовлено регіональною структурою поголів'я с/г тварин. За наявною статистичною інформацією, станом на 1 січня 2022 р. основне поголів'я сформовано поза межами регіонів, які на даний момент є найбільш небезпечними. За нашими оцінками, в перерахунку на умовне поголів'я близько 28% загальної чисельності с/г тварин розміщено в небезпечних та умовно безпечних областях. Відповідно, для найбільш небезпечних регіонів цей показник становить 12% від загальної чисельності. При цьому слід зазначити, що знаходження поголів'я в небезпечних зонах не означає його повної втрати і також потребуватиме кормового забезпечення.

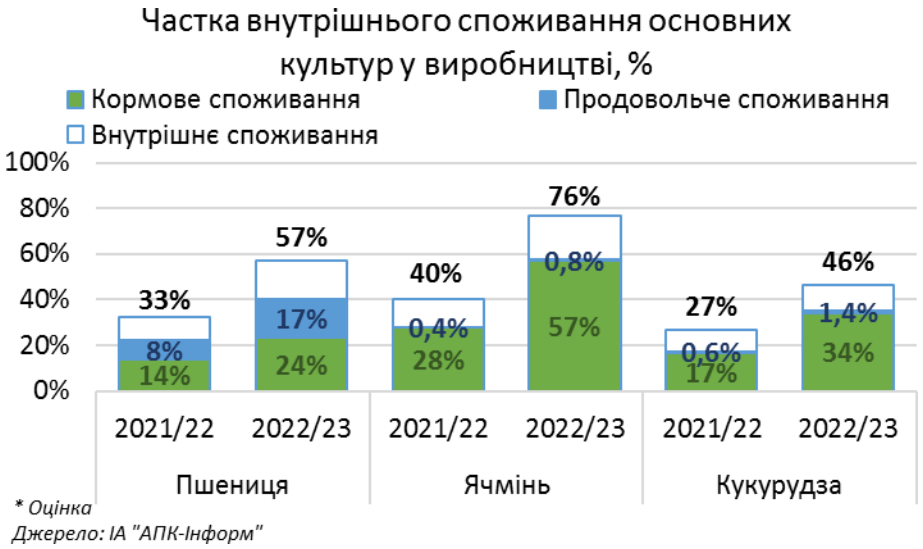
З іншого боку, доцільно проаналізувати регіональний розподіл кормовиробництва в Україні. З цієї точки зору ситуація дещо складніша. За даними ДССУ, за результатами 2021 р. загальне виробництво кормів для ВРХ, свиней та птиці склало більше 5,6 млн тонн. При цьому, накладаючи військові реалії сьогодення, можна констатувати, що близько 32% кормовиробництва зосереджено в небезпечних та умовно безпечних областях, 11% - в областях, які залишаються найбільш небезпечними.

Найбільш критичною може виявитися ситуація з виробництвом кормів для свиней, оскільки близько 48% цієї продукції вироблялося в небезпечних і умовно безпечних регіонах. Найменшої шкоди може зазнати виробництво

кормів для птиці, де лише 4% формувалося в областях, які наразі є найбільш небезпечними. Разом із тим, птахівництво є сегментом, найбільш залежним від виробництва кормів, і відповідний сектор кормовиробництва має працювати найбільш стабільно. Крім того, важливим є питання постачання преміксів для виробництва комбікормів, що, знову ж таки, критично для птахівництва.

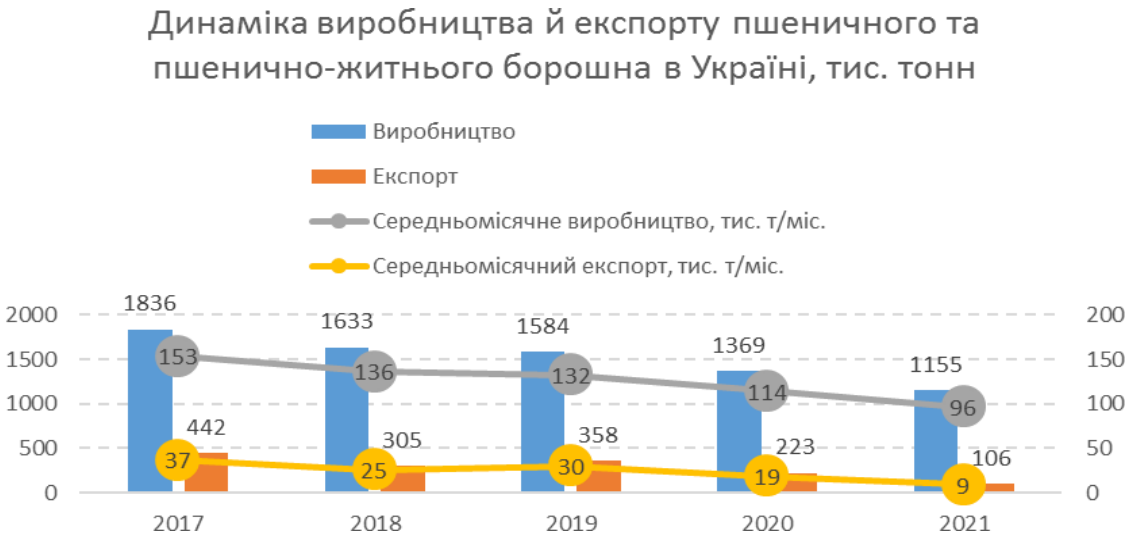
За поточних умов очікується зміна раціону с/г тварин, враховуючи складнощі з отриманням шротів та макухи на тлі скорочення обсягів переробки олійних культур, а також враховуючи наявність суттєвих перехідних залишків зерна, яке можна використати як концентровані корми. Це за результатами сезону і може привести до прогнозованого збільшення обсягів кормового споживання зерна.

Джерело: оцінки ІА "АПК-Інформ"



* Оцінка

Джерело: ІА "АПК-Інформ"



ВИСНОВКИ

Удосконалення робочого процесу молоткової дробарки можливе шляхом підвищення ефективності дії робочих органів на подрібнювальний матеріал та прискореного відведення готового продукту із камери подрібнення. При цьому інтенсивність процесу подрібнення зернових культур здійснюється за рахунок максимального використання підведеної енергії ударів активними елементами і вторинними ударами матеріалу об пасивні робочі органи.

Питома площа робочих органів, що приймає участь в процесі подрібнення зерна за рахунок ударів активних елементів – молотків і вториних ударів о пасивні роботі органи – решето і деки, залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу та характеру подрібнювальної поверхні і параметрів режиму подрібнення.

З врахуванням найбільш ймовірного кута падіння частинки $\beta\beta'$ до деки, в межах 5…15°, кут робочої грані рифа деки $\gamma\gamma$ відносно торцевої стінки дробильної камери складає в межах 82…74°.

На основі систематизації пошукових досліджень, та проведені власних теоретичних дослідженнях була удосконалена схема молоткової дробарки закритого типу та уточнено технологічний процес роботи для удосконаленої конструкції.

2. Питома площа робочих органів дробарки *Sn*, і їх величина залежить від механіко технологічних і фізичних властивостей матеріалу, що подрібнюється, виду подрібнювальної поверхні параметрів машини і технологічного режиму роботи.

3. В результаті установки кільцевих дек між молотками дробильної камери збільшуються енерговитрати на тертя повітряного потоку об пасивні робочі органи, що говорить про створення гальмуючого ефекту на частинки, що подрібнюються, а це в свою чергу підвищує інтенсифікацію процесу подрібнення

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bond, F.C. Some recent advances in grinding theory and practice / F.C. Bond // Brit. Enang. – 1963. – No. 9. – P. 4 – 9.

2. Sysuev, V. Movement and transformation of grain in twostage crusher Engineering for Rural Development, Proceedings / V. Sysuev – 2015. – Vol.14. – pp. 22 – 27

3. Кукта Г. М. Удосконалення експлуатації машин і обладнання тваринницьких ферм і комплексів /За ред. Г.М Кукта. – К: Урожай, 1989. – 224 с.

4. Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбікормової продукції. – К., 1998. – 220 с.

5. Подпрятов Г. І. Зберігання і переробка продукції рослинництва. Київ: Мета, 2002. 495 с.

6. Ревенко І. І. Машини та обладнання для тваринництва: посібникпрактикум. К. : Кондор, 2011. 396 с.

7. Шеремета Р. Б. Огляд реологічних моделей. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2018. № 22. С. 22–30.

8. Піщелка В. А. Стан та перспективи розвитку комбікормової галузі в Україні. Ефективні корми та годівля. 2006. № 3. С. 5–8.

9. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: навч. посіб. О. В. Дацишин та ін.; за ред. О. В. Дацишина. Вінниця: Нова кн., 2009. 488 с.

10. Agromech: Rozdrabniacz bijakowy Rb 3.5. URL:https://www.agromech.pl, Польща, (Last accessed: 16.11.2021).

11. Гвоздєв О. В, Вдосконалення процесу подрібнення зерна. Збірник нау- ков их праць ВНАУ. Серія «Технічні науки». 2011. № 9. С. 143–150.

12. Рибарук В. Я. Сільськогосподарські машини: практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів: ЛДАУ, 1998. 264 с.

13. Хайліс Г. А., Коновалюк Д. М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: навч. посіб. Київ: НМК ВО, 1992. 320 с.

14. Марченко О. С., Дацишин О. В., Лавріненко Ю. М. та ін. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівниці. Київ: Урожай, 1995. 416 с.

15. Development and study of the grain crushing working process of shocking and reflective crusher. Vestnik of Kazan State Agrarin University. 2019. 14(1).P. 100–106.

16. Sven B. Strom, Ring Hammer, United States Patent US3580518A, St. Louis 1971.

17. SORTECH Srl. URL: https://www.sortech.it/, Італія(Last accessed: 16.01.2021)

18. НПАОП 0.00-4.21-04. «Типове положення про службу охорони праці»

19. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»

20. Пилипенко О. М. Аналіз і вибір принципових технічних рішень для застосування в конструкціях зернових дробарок малих ферм / О. М. Пилипенко, Л. М. Павліченко, С. М. Чибис // Вісн. ХДТУСГ. – Х., 2001 – Вип. 8, т. 2. Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. – С. 295– 299.

21. https://agrarka.com/ua/ads/r-110/p-1/

22. Єгоров Б. В., Давиденко Т. М. Вдосконалення підготовки концентрованих кормів при виробництві повноцінних комбікормів для сільськогосподарських тварин. Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник Ін-ту кормів УААН. Вінниця, 2008. Вип. 61. С. 135 – 140.

23. Кравчук В. І., Луценко М. М., Мечта М. П. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів: науково-практичний посібник / – Київ : Фенікс, 2008. – 104 с.

24. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник: / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В.С. Хмельовський і інші;. – К.: ЦП «Компринт», – 2018. –567 с.

25. Машини та обладнання для тваринництва. Том 1./О.А. Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка; за ред. І.Г. Бойко. – Х.: 2006. – 225 с..

26. Подпрятов Г. І. Технологія обробки, переробки зерна та виготовлення хлібопекарської продукції. К. : НАУ, 2000. 126 с.

27. Савченко В. М. Розробка молотків кормодробарок з локальним зносостійким покриттям: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.05.11 / Василь Миколайович Савченко; Кіровоградський національний технічний університет. Кіровоград, 2008. 20 с.

28. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: Навч. посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю, Гвоздев В. О.; за ред. О. В. Дацишина. Вінниця: Нова Книга, 2009. 488 с.

29. Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Дробарка прямого удару з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення. Техніка і технологія АПК : науково-виробничий журнал. К., 2011. №12 (27). С. 7 – 10.

30. Ялпачик О. В., Самойчук К. О., Буденко С. Ф. Моделювання процесів у робочій камері пальцевої зернової дробарки. Процеси і апарати харчових виробництв. К.: Наукові праці НУХТ, 2015. Т.1. С. 134 – 141.