

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ ___ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення корморізки з розробкою ріжучого апарата та
механізму приводу"

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи ГМ-221
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Півторак Микола Юрійович
« ___ » _____ 2025 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук

_____ 2025 р.
Рецензент _____

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення конструкції корморізки для подрібнення коренебульбоплодів, що використовуються у тваринництві. Проведено аналіз існуючих моделей корморізок, визначено їхні основні переваги та недоліки. Виявлено, що більшість представлених на ринку моделей мають високе енергоспоживання, нерівномірність подрібнення та швидке зношення ріжучих елементів, що знижує ефективність їхнього використання в малих та середніх фермерських господарствах.

Основною метою роботи є розробка вдосконаленої конструкції корморізки, яка забезпечує рівномірне подрібнення кормів, зменшення витрат електроенергії та підвищення довговічності обладнання. Для цього запропоновано оптимізацію ріжучого механізму, покращення приводу та використання більш зносостійких матеріалів.

У ході роботи проведено технологічні та силові розрахунки, моделювання процесу різання, а також оцінку енергетичних та економічних характеристик нової конструкції. Отримані результати підтвердили ефективність модернізації, що дозволяє підвищити продуктивність кормопідготовки, зменшити експлуатаційні витрати та покращити якість подрібненого корму.

корморізка, подрібнення кормів, енергозбереження, механізація тваринництва, коренеклубнеплоди

The qualification work examines the issue of improving the design of a fodder cutter for chopping root and tuber crops used in animal husbandry. An analysis of existing fodder cutter models was conducted, identifying their main advantages and disadvantages. It was found that most models available on the market have high energy consumption, uneven chopping, and rapid wear of cutting elements, which reduces their efficiency in small and medium-sized farms.

The main goal of the work is to develop an improved fodder cutter design that ensures uniform chopping of feed, reduces energy consumption, and increases equipment durability. To achieve this, optimization of the cutting mechanism, improvement of the drive system, and the use of more wear-resistant materials have been proposed.

During the study, technological and force calculations were carried out, the cutting process was modeled, and the energy and economic characteristics of the new design were assessed. The obtained results confirmed the effectiveness of the modernization, allowing for increased feed preparation productivity, reduced operational costs, and improved chopped feed quality.

fodder cutter, feed chopping, energy saving, mechanization of animal husbandry, root and tuber crops

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	4
2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКА ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ	6
2.1. Зоотехнічні вимоги до корморізок для приготування кормів	6
2.2. Будова та робота аналогів запропонованої конструкції корморізки	8
2.3. Обґрунтування запропонованих змін, внесених до конструкції корморізки	14
2.4. Висновки по розділу	16
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	17
3.1. Опис об'єкту розробки	17
3.2. Технологічні розрахунки запропонованої конструкції корморізки	18
3.3. Кінематичний та силовий аналіз	30
3.3.1. Кінематичний розрахунок	30
3.3.2. Силовий аналіз механізмів корморізки	34
3.4. Енергетичний розрахунок	37
3.5. Розрахунок клинопасової передачі міцність	38
3.6. Висновки по розділу	40
4. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	43
Додатки	46

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1. ВСТУП

Сільськогосподарське виробництво є однією з основних галузей економіки, що забезпечує населення продуктами харчування, а тваринництво відіграє важливу роль у цьому процесі. Одним із ключових аспектів ефективного ведення тваринництва є якість підготовки кормів, що безпосередньо впливає на продуктивність тварин. Одним із основних пристроїв для обробки кормів є корморізка, яка використовується для подрібнення рослинної маси та забезпечення її оптимальної структури для годування худоби.

Сучасні корморізки повинні відповідати ряду вимог, зокрема забезпечувати рівномірне та якісне подрібнення кормів, бути енергоефективними та надійними в експлуатації. Проте наявні моделі часто мають недоліки, пов'язані з нерівномірністю різання, підвищеним енергоспоживанням або швидким зношуванням робочих елементів. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкції корморізки, зокрема її ріжучого апарата та механізму приводу.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка вдосконаленої конструкції ріжучого апарата та механізму приводу корморізки, що дозволить підвищити ефективність її роботи, покращити якість подрібнення кормів та зменшити експлуатаційні витрати. У процесі виконання дослідження буде проведений аналіз існуючих конструкцій, визначені основні їхні недоліки та запропоновані інженерні рішення для їх усунення.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та впровадження інноваційних технологій у процес заготівлі кормів. Зростання попиту на якісні корми та необхідність оптимізації виробничих процесів сприяють пошуку нових технічних рішень для вдосконалення обладнання. Поліпшення роботи

					КР 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Півторак				Удосконалення корморізки з розробкою ріжучого апарата та механізму приводу	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							4	45
Н. контр.								
Затв.								
						ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21		

корморізки дозволить забезпечити більш високу продуктивність у тваринництві, покращити засвоюваність кормів і зменшити їх втрати.

У ході виконання роботи буде розглянуто наукові та технічні аспекти проектування ріжучого апарата та механізму приводу корморізки, проведено аналіз різних методів подрібнення та оцінено їхню ефективність. Також буде здійснено моделювання нової конструкції та оцінено її переваги порівняно з існуючими аналогами.

Крім того, у дослідженні буде розглянуто економічну доцільність впровадження вдосконаленої корморізки, визначено можливі шляхи зниження собівартості виготовлення та експлуатації обладнання, а також проаналізовано вплив технологічних удосконалень на продуктивність господарств. Особливу увагу буде приділено питанням довговічності нових конструктивних елементів, а також можливості їхнього швидкого обслуговування та ремонту.

Результати роботи можуть бути використані у фермерських господарствах, агропромислових підприємствах та інших сферах сільськогосподарського виробництва, що сприятиме підвищенню ефективності ведення тваринництва та зниженню витрат на кормопідготовку. Впровадження удосконаленої корморізки сприятиме зниженню витрат на технічне обслуговування, збільшенню терміну служби обладнання та зменшенню споживання енергії, що є важливими факторами для сучасного сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, дана кваліфікаційна робота спрямована на розробку конструктивних рішень, які дозволять не лише покращити функціональні характеристики корморізки, але й сприятимуть підвищенню ефективності тваринницьких господарств, зменшенню витрат на енергоресурси та технічне обслуговування. Одержані результати можуть бути основою для подальших наукових досліджень у сфері механізації сільськогосподарського виробництва.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКЕ ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1. Зоотехнічні вимоги до корморізок для приготування кормів.

Якість подрібнення. Рівномірність подрібнення кормів (дрібні частки не менше 70–80%). Регульований ступінь подрібнення залежно від виду тварин та їхнього віку. Мінімальне утворення відходів і пилу, які можуть негативно впливати на поїдання корму.

Продуктивність. Відповідність продуктивності корморізки кількості тварин у господарстві. Висока швидкість обробки кормів (не менше 200-500 кг/год для середніх господарств).

Збереження поживної цінності кормів. Запобігання перегріванню корму під час подрібнення, що може призводити до втрати вітамінів і корисних речовин. Відсутність окислення металевими частинами механізму, що може впливати на якість кормів.

Енергоефективність. Оптимальне споживання електроенергії або палива (не більше 1-2 кВт/год на 500 кг корму). Високий коефіцієнт корисної дії (ККД).

Надійність і довговічність. Використання міцних матеріалів, стійких до корозії та механічних навантажень. Простота обслуговування та заміни зношених деталей.

Безпека у використанні. Наявність захисних кожухів, запобіжних механізмів та аварійних зупинок. Відсутність гострих частин, що можуть спричинити травмування оператора.

Екологічність. Мінімальний рівень шуму та вібрацій. Відсутність шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Універсальність. Можливість подрібнення різних видів кормів (коренебульбоплодів, сіна, силосу, зернових тощо). Регульований розмір нарізки залежно від потреб тварин.

Механізм роботи і конструкція. Корморізка повинна мати ефективний механізм для подрібнення коренебульбоплодів. Це можуть бути різальні ножі з високоякісної сталі або керамічні диски, що дозволяють рівномірно подрібнювати матеріал.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Система подачі. Корморізка повинна мати ефективну систему подачі матеріалу, що дозволяє обробляти навіть великі шматки коренебульбоплодів без їх попереднього нарізання вручну.

Наявність проміжного механізму. Наявність сітки або барабана, що регулює розмір часток, і допомагає досягти бажаної консистенції подрібненого корму.

Регулювання швидкості. Можливість регулювання швидкості обертання ріжучих елементів для налаштування рівня подрібнення.

Всі металеві частини повинні мати спеціальне покриття для запобігання забрудненню корму і забезпечення його безпеки для тварин.

Корморізка повинна бути легкою в очищенні від залишків кормів, щоб уникнути забруднення та поширення бактерій. Наявність знімних частин для зручного миття й догляду.

Корморізка повинна максимально зберігати структуру корму і уникати його перевитрат. Це допомагає знижувати втрати корму і зберігати його поживні якості.

Важливо, щоб корморізка могла досягати оптимального розміру подрібнених часток для кожного виду тварин: наприклад, для молодняка корм повинен бути більш подрібненим, а для дорослих особин – крупнішим.

Корморізка повинна бути максимально зрозумілою в налаштуванні та використанні для оператора. Легкість у запуску, зупинці та налаштуванні параметрів.

Корморізка повинна мати тривалий термін служби за мінімальних витрат на обслуговування. Запасні частини повинні бути доступними і недорогими.

Сучасні корморізки можуть бути оснащені автоматизованими системами для контролю процесу подрібнення, що дозволяє точно налаштувати механізм подачі та обертів ножів для досягнення бажаного результату.

Корморізка повинна мати захисні системи, які автоматично вимикають пристрій при перевантаженні, щоб запобігти пошкодженню механізмів. Це важливо, особливо при обробці важких або великих коренебульбоплодів.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Зоотехнічні вимоги до корморізок повинні включати всі аспекти, які впливають на ефективність обробки кормів, збереження їх поживної цінності та безпеки як для тварин, так і для оператора. Врахування цих вимог допомагає забезпечити високі виробничі результати та ефективність у зоотехнічних процесах.

2.2. Будова та робота аналогів запропонованої конструкції корморізки.

Подрібнювач ПГК-30Б – це сільськогосподарська техніка, призначена для подрібнення органічних матеріалів, таких як трави, гілки та інші рослинні рештки рис. 2.1. Основні компоненти його будови включають: робочий орган – ротатор з ножами, що обертається, для подрібнення матеріалу, корпус – металевий корпус, в якому розміщені робочі органи, привод – від електродвигуна чи валу відбору потужності (ВВП) трактора, система подачі матеріалу – для рівномірного надходження органічного матеріалу до робочого органу, решітка або сітка – для фільтрації подрібненого матеріалу на бажану величину фрагментів.

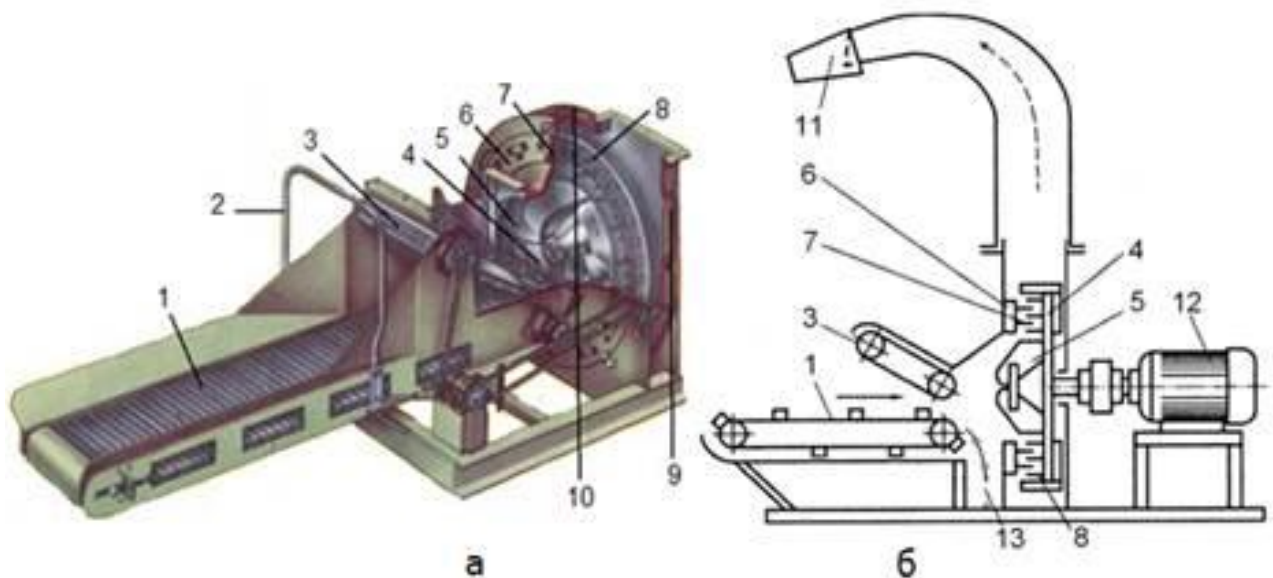


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд (а) та схема функціонування (б) подрібнювача ПГК-30Б: 1 – транспортер; 2 – важіль керування транспортером; 3 – похилий транспортер; 4, 6 – рухомий і нерухомий диски; 5 – вентилятор; 7, 8 – штифти; 9 – люк; 10 – кожух, 11 – дефлектор, 12 – привод; 13 – камневловлювач

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Переваги – висока продуктивність і ефективність при обробці органічних матеріалів, простота в експлуатації і обслуговуванні, можливість регулювання розміру часток після подрібнення.

Недоліки – можлива залежність від потужності трактора, що може обмежувати використання на слабших агрегатах, можливі проблеми з заплутуванням матеріалу в процесі роботи, необхідність регулярного обслуговування та заміни ножів.

Подрібнювач «Волгарь-5» - це потужна техніка, призначена для подрібнення органічних матеріалів, таких як гілки, залишки рослинності та інші тверді відходи, рис. 2.2.

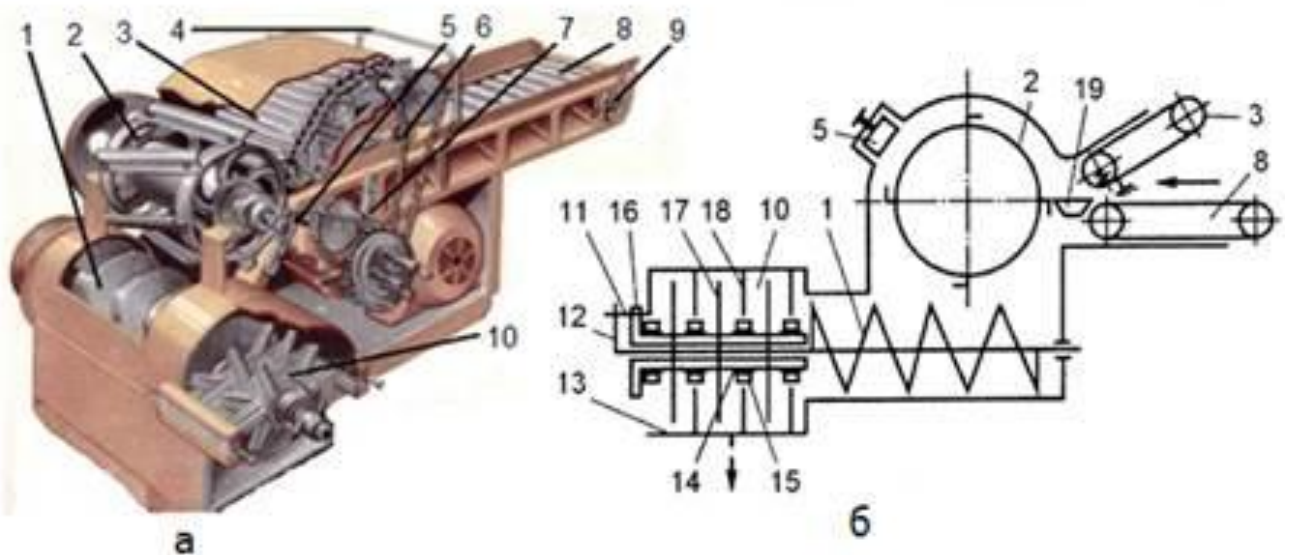


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд (а) та схема функціонування (б) подрібнювача

«Волгарь-5»: 1 – шнек подачі матеріалу; 2 – барабан з ножами ножовий; 3 – похилий транспортер; 4 – механізм управління конвеєрами; 5, 6, 7, 9 – натяжний пристрій; 8 – горизонтальний транспортер; 10 – подрібнюючий пристрій; 11 – штифт; 12 – шнек; 13 – опора; 14 – прокладка; 15 – кільце валу; 16 – ступиця; 17 – ніж рухомий ; 18 – ніж нерухомий; 19 – пластина

Будова. Рама – основа конструкції, яка забезпечує міцність і стійкість. Двигун – потужний бензиновий або дизельний двигун, що забезпечує високий рівень продуктивності. Ножі та диски – основні елементи подрібнення. Ножі мають високу міцність і здатні подрібнювати тверді матеріали. Вивантаження –

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

система для вивантаження подрібненого матеріалу, яка може бути оснащена трубою або транспортером. Колеса – для мобільності та переміщення подрібнювача на різні ділянки.

Переваги. Висока продуктивність – здатний швидко і ефективно подрібнювати великі обсяги матеріалу. Мобільність – завдяки колесам, його можна легко транспортувати. Надійність і довговічність – завдяки міцній конструкції та використанню якісних матеріалів. Універсальність – підходить для різних видів рослинного матеріалу, включаючи гілки, листя і сухі відходи.

Недоліки. Високий рівень шуму – під час роботи може створювати значний шум. Великі розміри та вага – не завжди зручний для зберігання або транспортування на обмежених просторах. Висока вартість – початкова ціна може бути досить високою для окремих користувачів або малих підприємств.

Подрібнювач «ИСК-3А» - це сільськогосподарська техніка, призначена для подрібнення рослинної маси, зокрема соломи та сіна, рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Схема функціонування (а) та загальний вигляд ПСК-3А: 1 – приймальник матеріалу; 2 – зрошувач; 3, 10 – камера; 4 – ротор подрібнення; 5 – дека; 6 – привод; 7 – передача приводу; 8 – рама; 9 – вікно вивантаження; 11 – транспортер, 12 – заслінка

Загальна будова включає: робочий орган: вал з різальними ножами, які здійснюють подрібнення матеріалу, привод – механічний, через шків та ремені або через потужний двигун, залежно від конфігурації. Корпус – металевий, що

						КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

містить усі рухомі частини і систему завантаження та вивантаження матеріалу. Транспортер – для подачі і відведення подрібненого матеріалу.

Переваги – висока ефективність у подрібненні різних видів сільськогосподарських відходів, простота в експлуатації та обслуговуванні, доступність для дрібних фермерських господарств.

Недоліки. Обмежена потужність для великих обсягів робіт, потребує регулярного технічного обслуговування для підтримки продуктивності, може бути важким в експлуатації при недостатній технічній підготовці.

Подрібнювач «ПКМ-Ф-10» - це обладнання, призначене для подрібнення деревини та іншого рослинного матеріалу, рис. 2.4. Він оснащений потужним механізмом, який забезпечує ефективне подрібнення матеріалу до дрібних часток для подальшого використання в різних галузях, таких як сільське господарство, біоенергетика та інші.

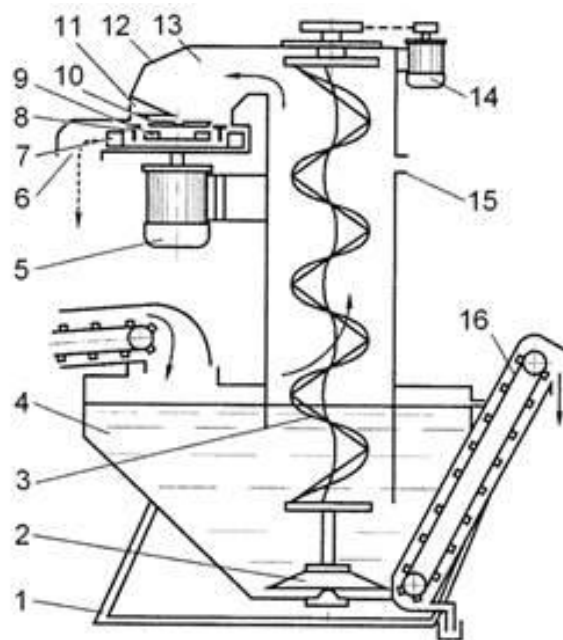


Рисунок 2.4 – Схема функціонування ПКМ-Ф-10: 1 – рама; 2 – диск; 3 – шнек; 4 – ванна; 5, 14 – привод; 6 – лоток; 7 – лопаті; 8 – дека; 9, 10 – ножі; 11 – протиризальна пластина; 12 – кришка; 13 – камера; 15 – зрошувач; 16 – транспортер каміння

Загальна будова. Рама – основна конструкція, на якій розміщені всі компоненти. Двигун – забезпечує потужність для подрібнення матеріалу. Робочі органи – ножі або молоти, які здійснюють подрібнення матеріалу.

безпосередньо процес подрібнення, двигун – надає необхідну потужність для роботи агрегату, живильник – забезпечує подачу матеріалу до дробильного механізму, сита – для сортування продукту на фракції.

Переваги. Мобільність – дозволяє використовувати дробарку в різних місцях, що зручно для польових умов. Висока ефективність – здатна працювати з великою кількістю матеріалу за короткий час. Простота в експлуатації – інтуїтивно зрозумілий процес управління і обслуговування.

Недоліки. Обмежена потужність – для великих обсягів матеріалів потрібні більш потужні агрегати, високі вимоги до обслуговування – регулярне технічне обслуговування і заміна деталей, знос механізмів – через високе навантаження і інтенсивну експлуатацію, деталі можуть швидко зношуватися.

Дробарка КДУ-2 (дробарка колісна універсальна) є машиною для подрібнення різних матеріалів, таких як зерно, каміння, вугілля, глина та інші тверді матеріали, рис. 2.6.

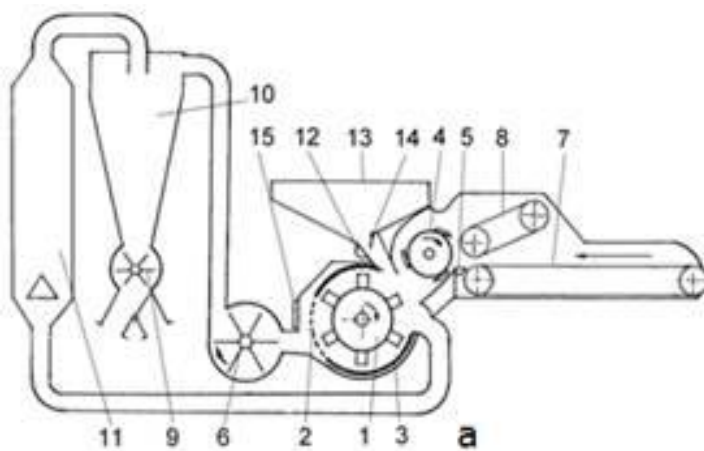


Рисунок 2.6 – Схема функціонування (а) загальний вид (б) дробарки КДУ-2: 1 – ротор; 2 – решето; 3 – дека; 4 – барабан; 5 – протиризальна пластина; 6 – вентилятор; 7 – горизонтальний транспортер; 8 – похилий транспортер; 9 – затвор; 10 – циклон; 11 – повітропровід; 12 – сепаратор; 13 – завантажувальний бункер для завантаження; 14 – засувка; 15 – кришка

Загальна будова: корпус – основна частина дробарки, яка забезпечує захист від зовнішніх впливів, робочі органи – барабан з роторами, на яких встановлені молотки або зуби, що забезпечують подрібнення матеріалу, привід – двигун, що забезпечує рух механізмів дробарки, система подачі матеріалу – конструкція для подачі матеріалу до робочих органів дробарки, вивідний транспортер – для виведення подрібненого матеріалу.

Переваги. Простота конструкції і обслуговування, мобільність, можливість роботи на різних ділянках, висока продуктивність при подрібненні різних матеріалів, ефективність в умовах обмеженого простору.

Недоліки. Обмежена здатність до подрібнення дуже твердих матеріалів, знос деталей через тривалу експлуатацію, висока витрата енергії при великій продуктивності.

2.3. Обґрунтування запропонованих змін, внесених до конструкції корморізки.

Аналіз наявних конструкцій машин для приготування кормів показав, що на сучасному ринку представлено недостатньо обладнання невеликих розмірів і малої потужності. Основна частина машин, які пропонуються виробниками, орієнтована на великі господарства та відзначається високою продуктивністю. Випуск кормоприготувальних машин, призначених для малих і середніх фермерських господарств, здійснюється у дуже обмеженій кількості.

Більшість представлених на ринку машин для приготування кормів є універсальними, тобто вони можуть виконувати кілька технологічних операцій одночасно. До таких операцій належать миття, подрібнення, запарювання, розчавлювання та інші процеси, необхідні для підготовки кормових сумішей.

Одним із прикладів такого устаткування є подрібнювач коренебульбоплодів, який був розроблений заводом «Дозуючих автоматів» у місті Кропивницький. Його створення базувалося на конструктивних рішеннях, запозичених з машини для приготування бетонного розчину. Це сприяло розширенню функціональних можливостей обладнання та збільшенню його

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

універсальності. Однак, незважаючи на ці переваги, конструкція має низку недоліків, що ускладнюють її ефективне використання у тваринництві.

Зокрема, у машині використовується принцип нормального різання, що призводить до значного виділення клітинного соку через підвищення нормального тиску, що є небажаним у процесі приготування корму. Крім того, конструкція не передбачає наявності протирізальної пластини, а товщина різки є занадто малою, що негативно впливає на якість отриманого корму.

Ще одним значним недоліком є недосконалий привід, який конструктивно не пристосований для ефективного подрібнення коренеплодів. Також виникають труднощі з механізмом вивантаження: у процесі подрібнення заслінка має бути відкрита, але її конструкція не дозволяє цього зробити належним чином, що ускладнює вивантаження подрібненої маси.

Крім того, робочий орган машини розроблений таким чином, що сприяє максимальному видавлюванню клітинного соку, що є недоцільним для кормових потреб, адже соковитість корму є важливою характеристикою для збалансованого харчування тварин.

Конструкція ріжучого механізму також має низку недоліків. Вона не передбачає нарізання коренеплодів на дрібні частки у формі соломки, натомість зрізує великі скибки, товщина яких відповідає товщині різального ножа, а їхні розміри визначаються поперечним перерізом коренеплоду. Крім цього, ножі закріплені нерухомо, що ускладнює їх заточування та робить заміну неможливою. У разі зношення ножів необхідно змінювати весь ріжучий диск, що значно збільшує експлуатаційні витрати та ускладнює обслуговування машини.

Таким чином, запропонована конструкція подрібнювача коренебульбоплодів має низку суттєвих недоліків, що обмежують її ефективність для приготування кормів у сільському господарстві. Для покращення її роботи необхідно внести відповідні конструктивні зміни, спрямовані на оптимізацію процесу різання, вдосконалення приводу, а також покращення механізму вивантаження подрібненої сировини.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2.4. Висновки по розділу.

Проведений аналіз існуючих конструкцій корморізок дозволив виявити їх основні переваги та недоліки. До ключових позитивних характеристик належать висока продуктивність, простота в обслуговуванні, можливість регулювання розміру подрібненого матеріалу, а також універсальність у використанні для різних видів кормів.

Однак було також встановлено ряд недоліків, серед яких: нерівномірність подрібнення кормів, що впливає на їхню засвоюваність тваринами, високий рівень енергоспоживання при відносно низькому ККД, швидке зношування ріжучих елементів та необхідність їх частої заміни, відсутність належного захисту від втрати поживних речовин у процесі подрібнення, недостатня безпека для оператора через відкриті ріжучі механізми, висока вартість окремих моделей, що обмежує їх доступність для малих фермерських господарств.

Аналіз аналогів показав, що більшість корморізок розроблені для великих агропромислових комплексів, у той час як на ринку спостерігається нестача компактних і ефективних моделей для невеликих господарств.

Отже, модернізація конструкції корморізки має бути спрямована на:

- підвищення рівномірності подрібнення кормів;
- оптимізацію енергоспоживання та підвищення ККД;
- використання більш зносостійких матеріалів для ріжучих елементів;
- покращення конструкції для зменшення втрат поживних речовин у кормі;
- підвищення рівня безпеки при експлуатації;
- розробку компактної, доступної та ефективної моделі для малих і середніх фермерських господарств.

Запропоновані вдосконалення дозволять значно підвищити ефективність кормопідготовки та сприятимуть покращенню продуктивності тваринництва.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Обираємо $l=50$ мм, й визначаємо коефіцієнт ковзання за (3.4), визначивши попередньо із рис. 3.4.

$$U = \sqrt{R^2 - l^2} . \quad (3.6)$$

Звідки

$$E = \frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}} . \quad (3.7)$$

$$E_{\min} = \frac{0,05}{\sqrt{0,2^2 - 0,05^2}} = 0,26 ,$$

де E_{\min}, E_{\max} – мінімальний й максимальний коефіцієнт ковзання, відповідно.

Тобто, при визначеному коефіцієнті ковзання з параметрами $l=0,05$ м й $U_{\max} = 0,2$ м, $U_{\min} = 0,05$ м, умова задовольняється $0 < E < 2$.

Визначимо значення параметрів леза ножа. Враховуючи зменшення зусилля, яке витрачається на різання, кут заточування обираємо менше 30^0 , а враховуючи міцність та зносостійкість леза обираємо не менше 24^0 . Остаточо вибираємо кут $\beta=30^0$. Гостроту обраного леза μ необхідно підтримувати його затокою в межах 100 мкм, а товщину самого ножа обираємо найменшою, враховуючи його міцність. враховуючи перелічені умови, обираємо такі параметри ножа, рис. 3.5.

Оскільки ніж закріплений на диску з певним вильотом, його рух у просторі відбувається під кутом, що спричиняє зміну просторового положення клина. У результаті цього відбувається зменшення фактичного кута заточки, що, своєю чергою, призводить до зниження необхідної потужності різання. Це пояснюється тим, що при зміні кута встановлення ножа зменшується опір матеріалу під час різання, що покращує енергоефективність процесу (рис. 3.6). Для більш точного аналізу визначимо фактичний кут різання β^1 .

$$\beta^1 = \arctg(tg / \sqrt{1 + E^2}) .$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Практично фактичний кут зменшився в 0,15 разів.

Визначимо всі інші розміри ножа, що впливають на товщину різання. Значення c (рис. 3.7) визначимо відповідно до товщини різання. Товщину різання приймаємо виходячи із зоотехнічних вимог. Товщину різання з урахуванням зоотехнічних вимог приймаємо таку, яка відповідає для більшості тварин, $\kappa = 5$ мм.

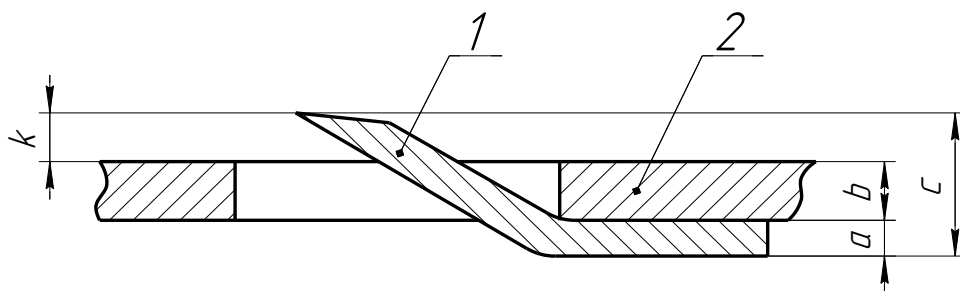


Рисунок 3.7 – Лінійні параметри ножа: 1 – ніж; 2 – диск; κ – товщина різання; a – товщина самого ножа; b – товщина диска; c – товщина ножа

Звідки

$$c = a + b + \kappa = 5 + 8 + 5 = 18 \text{ мм.} \quad (3.8)$$

Оскільки лезо ножа змістилося відносно радіальної лінії на величину вильоту l , а профіль ножа має гребінчасту форму, стандартна технологія вирізання потребує коригування. Замість того, щоб робити вирізи строго перпендикулярно до леза, їх необхідно виконувати під певним кутом. Такий підхід обумовлений тим, що пряме розташування вирізів може спричинити накопичення матеріалу в проміжках між ними, що веде до заклинювання.

Враховуючи, що зсув леза створює додаткове навантаження на матеріал, важливо підібрати оптимальний кут розрізу, який дозволить уникнути застрягання залишків на коренеплоду. Таке нахилене положення вирізів сприяє більш плавному відокремленню матеріалу та зменшує можливість його злипання або утворення закупорок, що в подальшому позитивно впливає на якість кінцевого продукту.

Таким чином, враховуючи величину вильоту l та гребінчасту форму ножа, застосування нахилоного кута розрізу є оптимальним рішенням для усунення можливості заклинювання матеріалу між вирізами, як показано на рис. 3.8.

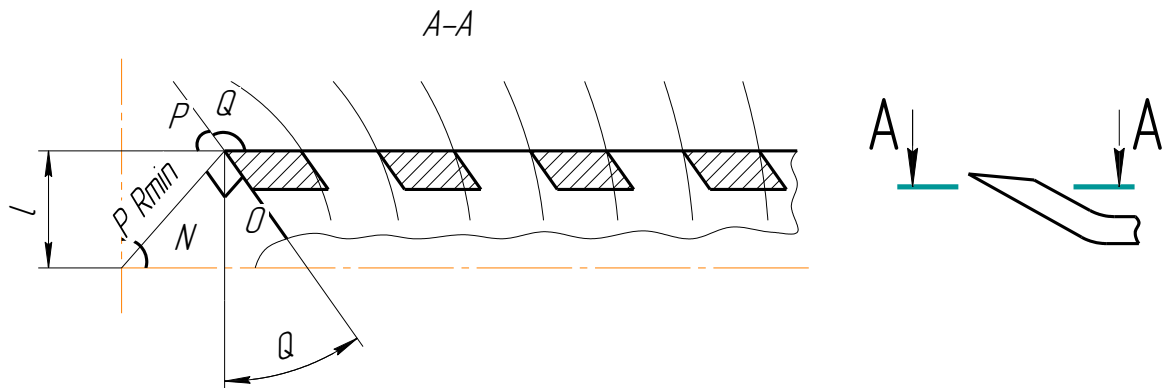


Рисунок 3.8 – Форма ножа в перерізі

Із рис. 3.8. визначаємо кут, за яким виконуємо вирізи

$$P = \arccos(l / R_{\min}) \quad . \quad (3.9)$$

$$P = \arccos(0,05 / 0,07) = 14,4^\circ .$$

$$\theta_{\max} = 90^\circ - P .$$

$$\theta_{\max} = 90^\circ - 14,4 = 45,5^\circ .$$

Якщо прорізи виконати під певним кутом, то ножі, розташовані ближче до осі обертання, будуть працювати без заклинювання, оскільки сила тертя в цьому випадку не досягає критичного значення. Водночас ножі, що знаходяться далі від осі, можуть зазнавати заклинювання через зміну умов навантаження та взаємодії з матеріалом. Тому необхідно визначити такий кут θ , за якого забезпечується нормальна робота всіх ножів $R = R_{\max}$. Враховуючи це, застосовуємо рівняння (3.8) та (3.9), які дозволяють розрахувати оптимальний кут прорізів і гарантувати стабільність роботи механізму.

$$P = \arccos(0,05 / 0,02) = 75,5^\circ .$$

$$\theta_{\min} = 90^{\circ} - 75,5 = 14,5^{\circ}.$$

Визначаємо середнє значення

$$\theta_{\text{сер}} = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2}, \quad (3.10)$$

де θ_{\max} , θ_{\min} – максимальні й мінімальні величини кутів.

$$\theta_{\text{сер}} = \frac{45,6 - 14,5}{2} = 30,05^{\circ}.$$

На основі проведених розрахунків вирізи необхідно виконувати під кутом $\theta_{\text{сер}} = 30^{\circ}$

Розраховуємо силу, необхідну для здійснення процесу різання. У даному випадку, коли використовується вирізне лезо для подрібнення коренеплодів, прикладена сила розподіляється між двома основними процесами. По-перше, вона витрачається на різання матеріалу уздовж ріжучої кромки ножа, забезпечуючи його поділ. По-друге, частина сили спрямовується на подолання опору зсуву, що виникає внаслідок особливостей конструкції леза з вирізами. Саме ці два чинники визначають загальну потребу в силі для ефективного подрібнення коренеплодів.

Для розрахунків в даній роботі вибираємо опір різанню для буряків – 1,0 кг/пог. см. Звідки силу на виконання різання визначимо за формулою

$$P = P_{\text{різ}} \cdot L, \quad (3.11)$$

де $P_{\text{різ}}$ – опір різанню коренебульбоплодів, кг/пог.см.;

L – довжина леза ножа, м.

$$L = L_{\text{вир}} \cdot n, \quad (3.12)$$

$L_{\text{вир}}$ – довжина леза гребінки, см;

n – кількість гребінок на диску, шт.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$L = 0,10 \cdot 16 = 1,6 \text{ дм.}$$

$$P = 1 \cdot 16 = 16 \text{ кг} \cdot c = 160 \text{ Н}.$$

Силу необхідно для процесу зсуву знайдемо за формулою

$$F = \sigma \cdot S, \quad (3.13)$$

де σ – напруження руйнування коренеплоду, Н/см^2 , (для буряків $\sigma = 105 \text{ Н/см}^2$).

S – площа руйнування коренебульбоплода, см^2 .

Площу руйнування визначаємо, виходячи з умови, що матеріал спочатку піддається стисканню до граничного значення деформації, після чого починається його руйнування. Це означає, що поки напруження не досягне критичної межі, матеріал продовжує змінювати свою форму без втрати цілісності. Однак після перевищення цього значення відбувається руйнування структури.

Для буряку граничне відносне стискання становить 40-55%, що свідчить про здатність цього матеріалу витримувати значні деформації перед руйнуванням. Враховуючи товщину стружки $h = 5 \text{ мм}$, яка визначає початковий розмір матеріалу, приймаємо значення відносного стискання $a = 0,55$ (рис. 3.9). Це дозволяє оцінити площу руйнування та визначити необхідні параметри процесу обробки матеріалу.

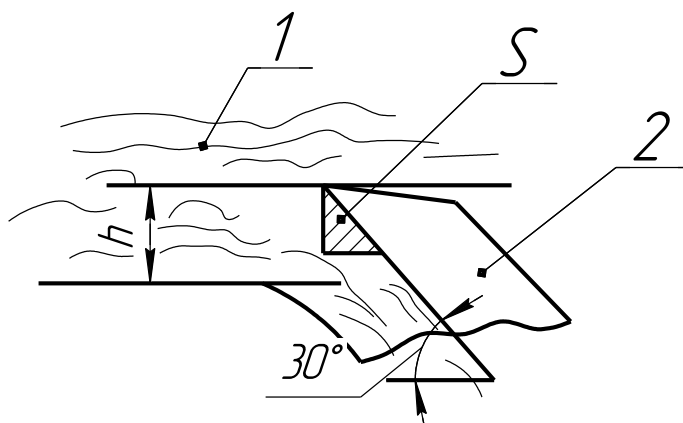


Рисунок 3.9 – Схема до визначення площі руйнування коренебульбоплодів: 1 – коренебульбоплоди; 2 – ніж

$$a = 0,55h, \quad (3.14)$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Процес вивантаження матеріалу буде ефективним, коли частка, відокремившись від леза ножа R_{\min} , спрямовується точно на скребок. Для досягнення цього необхідно, щоб частка мала оптимальну швидкість і траєкторію руху, що забезпечить її точне попадання на скребковий механізм та подальше транспортування без втрат і затримок.

$$V = \omega R_{\min} . \quad (3.19)$$

$$k = R_{\min.скр.} \cdot R_{\min} . \quad (3.20)$$

Визначимо відстань k^1 , що частка зможе пройти за 0,25 обертів.

$$k^1 = \omega \cdot R_{\min} \cdot t , \quad (3.21)$$

де ω – кутова швидкість ножового барабана, 1/с.

$$\omega = \frac{\pi n}{30} , \quad (3.22)$$

де t – час 0,25 обертів, с

$$t = \frac{60}{4 \cdot n} , \quad (3.23)$$

де n – частота обертання ножового барабана, об/хв.

Після підставлення (3.24), (3.23) у рівняння (3.22) матимемо

$$k^1 = \frac{\pi n}{30} R_{\min} \frac{60}{4n} = \frac{\pi R_{\min}}{2} .$$

$$k^1 = \frac{\pi \cdot 0,05}{2} = 0,078 \text{ м.}$$

Для задовільного виконання процесу необхідно виконання умови $k < k^1$, звідки

$$R_{\min.скр.} = k^1 + R_{\min} .$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$R_{\text{min.скр.}} = 0,078 + 0,07 = 0,148 \text{ м.}$$

Звідки, приймаємо $R_{\text{min.скр.}} = 0,12 \text{ м.}$

Для забезпечення ефективного процесу різання в бункері корморізки необхідно правильно закріпити протиризальну пластину над різальним ножом. Вибір форми цієї пластини повинен бути таким, щоб її грані були паралельні граням ножа, що дозволяє досягти рівномірного і ефективного різання (рис. 3.11). Висота пластини визначається таким чином, щоб вона була більшою за максимальну довжину коренеплоду. Рекомендується приймати висоту пластини в межах кількох міліметрів $h = 30 \text{ мм.}$, щоб забезпечити оптимальний контакт з різальним ножом і виключити можливість застрягування коренеплодів.

Продуктивність корморізки можна визначити за допомогою спеціальної формули, яка враховує кілька параметрів, таких як швидкість обертання ножа, кількість оброблених коренеплодів за одиницю часу та інші технічні характеристики обладнання. Для точного розрахунку продуктивності слід враховувати не тільки геометричні параметри ножа та пластини, а й характеристики коренеплодів, що подаються на обробку.

Визначимо продуктивність

$$Q = 60n \cdot F \cdot b \cdot z \cdot \gamma \cdot k \cdot k_{зб}, \quad (3.24)$$

де Q – продуктивність корморізки, кг/год;

n – частота обертання ножового диска, об/хв.;

F – площа, яку описує ніж за один оберт, м^2 .

$$F^1 = \pi(R_{\text{max}}^2 - R_{\text{min}}^2). \quad (3.25)$$

Але так як фактична площа менша в половину, так як ножі вирізні, то

$$F = \pi(R_{\text{max}}^2 - R_{\text{min}}^2) / 2, \quad (3.26)$$

де $R_{\text{max}}, R_{\text{min}}$ – радіуси (максимальний й мінімальний) розміщення ножів.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$F = \pi(0,2^2 - 0,07^2) / 2 = 0,055 \text{ м}^2.$$

b – товщина зрізаної стружки, м;

z – кількість ножів на диску, шт.;

γ – питома маса зрізаної стружки, кг/м³. ($\gamma = 301$ кг/м³;

κ – коефіцієнт, який визначає використання ножів;

$K_{зб}$ – коефіцієнт періодичності завантаження бункера.

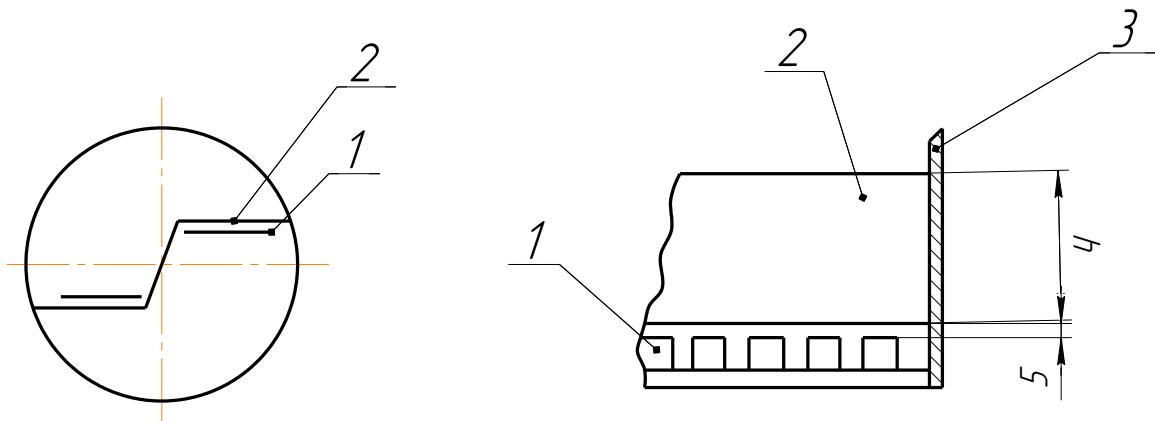


Рисунок 3.11 – Схема до визначення положення розташування протирізальної пластини: 1 – ніж; 2 – пластина протирізальна; 3 – бункер

$$Q = 60n \cdot 350 \cdot 0,055 \cdot 0,005 \cdot 2 \cdot 301 \cdot 0,3 \cdot 0,5 = 558 \text{ кг/год.}$$

Так як визначена продуктивність трохи більша за необхідну задану, то продуктивність корморізки $Q = 0,5$ т/год буде достатня для виконання технологічного процесу.

3.3. Кінематичний та силовий аналіз.

3.3.1. Кінематичний розрахунок.

Для забезпечення належного виконання технологічних процесів машина повинна працювати в двох різних режимах обертання робочих органів. таким чином, для виконання операції різання коренеплодів необхідна частота обертання $n_{рк} = 3500$ об/хв., тоді як для приготування рідких кормових сумішей потрібна інша частота обертання, яка становить $n_{бр} = 500$ об/хв. Для приводу машини обираємо електродвигун, що відповідає необхідним вимогам щодо

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

потужності та частоти обертання. У цьому випадку вибраний електродвигун марки 4A112MB843, який має номінальну частоту обертання 720 об/хв. та потужність 3,5 кВт. Даний двигун забезпечує стабільну роботу машини та ефективну передачу енергії на робочі органи.

Як для виконання різних технологічних операцій потрібна різна швидкість обертання, необхідно застосувати відповідне передаточне відношення. Його значення розраховується за наступною формулою

$$U = \frac{n_{ед}}{n}, \quad (3.27)$$

де $n_{ед}$ – кількість обертів двигуна, об/хв.;

n – кількість обертів приводного валу, об/хв.

а) режим приготування будівельних сумішей

$$U_{бр} = \frac{720}{350} = 1,41.$$

б) режим подрібнення коренебульбоплодів

$$U_{кр} = \frac{720}{350} = 2,05.$$

Визначаємо розміри шків на приводному валу

$$d_{p2} = d_{p\min} \cdot U(1 - E), \quad (3.28)$$

де E – коефіцієнт проковзування, ($E = 0,02$).

а) режим готування кормо суміші

$$d_{p2бр} = 125 \cdot 1,41(1 - 0,02) = 171,5 \text{ мм};$$

б) режиму різки коренеплодів

$$d_{p2кр} = 125 \cdot 2(1 - 0,02) = 245 \text{ мм}.$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

За ДСТУ 17383:2008 приймаємо діаметр відомого шківів $d_{p2\bar{b}p} = 180$ мм, і ведучого $d_{p2kp} = 250$ мм. Звідки фактичне передаточне число

$$U_{\phi} = \frac{d_{p2\bar{b}p\phi}}{d_{p\min}(1-E)}. \quad (3.29)$$

$$U_{\phi.\bar{b}p} = \frac{180}{125(1-0,02)} = 1,47;$$

$$U_{\phi.kp} = \frac{250}{125(1-0,02)} = 2,04.$$

Уточнена частота обертання

$$n^1 = \frac{n_{e\partial}}{U_{\phi}}, \quad (3.30)$$

де U_{ϕ} – прийняте передаточне число.

$$n_{kp}^1 = \frac{720}{2,04} = 352,7 \text{ об/хв.}$$

$$n_{\bar{b}p}^1 = \frac{720}{1,47} = 492,7 \text{ об/хв.}$$

Уточнені передаточні відношення знаходяться в допустимих межах $n_{kp} = 350 \pm 10$, $n_{\bar{b}p} = 500 \pm 20$ об/хв.

Лінійна швидкість руху приводного паса

$$U_n = \frac{\pi d_{n\min}}{60000} \quad (3.31)$$

$$U_n = \frac{\pi \cdot 125 \cdot 720}{60000} = 4,71 \text{ м/с.}$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Визначаємо параметри різального апарату

а) швидкість (кутова)

$$\omega_{pk} = \frac{\pi n_{kp}^1}{30} \quad (3.32)$$

$$\omega_{pk} = \frac{\pi 352,7}{30} = 36,9 \text{ 1/с.}$$

б) швидкість ножа (лінійна)

$$V = \frac{\pi \cdot R \cdot n_{kp}^1}{30000}, \quad (3.33)$$

де R – радіус, по якому рухається ніж, мм;

$$V_{\min} = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 352,7}{30000} = 2,58 \text{ м/с.}$$

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 352,7}{30000} = 7,38 \text{ м/с.}$$

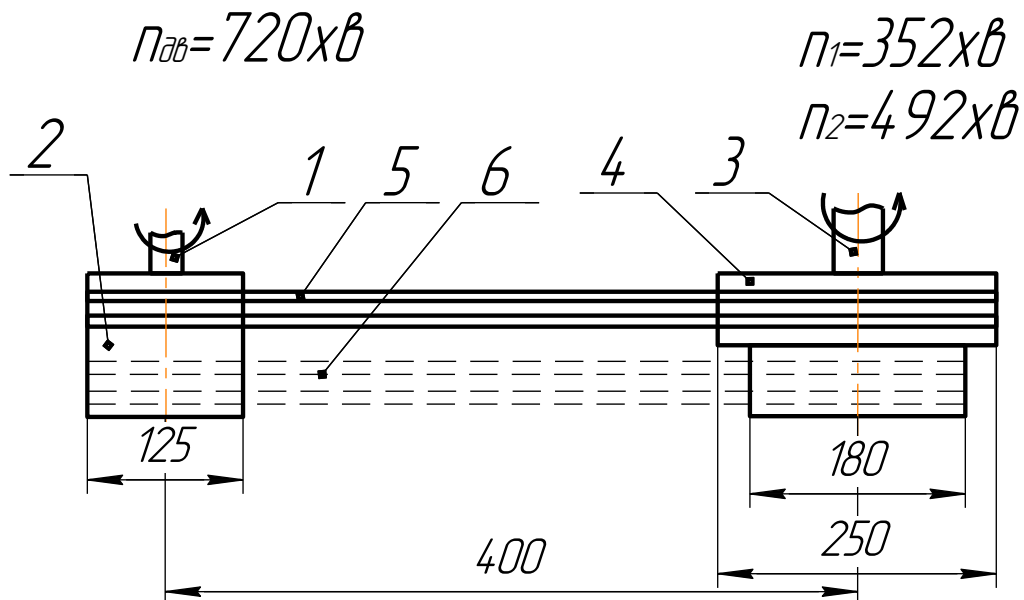


Рисунок 3.12 – Схема приводу корморізки: 1 – вал; 2, 4 – шків, відомий й ведучий; 3 – вал ротора; 5, 6 – положення пасів при $n = 352$ об/хв. і $n = 492$ об/хв.

3.3.2. Силовий аналіз механізмів корморізки.

У виконанні процесу технологічної операції на різальному апараті, зокрема на ножі, передається сила різання, яка є результатом взаємодії робочого органу з оброблюваним матеріалом. Ця сила впливає не тільки на сам ріжучий інструмент, а й передається на інші ланки привідного механізму, створюючи навантаження на вузли та з'єднання.

Щоб застосувати силу, яка діє на різний диск у процесі різання, необхідно виконати підсумовування всіх сил, отриманих у технологічному розрахунку. До них можуть входити сили опори матеріалу, тертя в з'єднаннях, динамічні навантаження, що впливають на нерівномірність процесу різання, а також реактивні сили, що діють на приводні елементи.

Оцінка цих сил є одним із етапів розрахунку міцності та довговічності механізму, оскільки вона дозволяє налаштувати оптимальні параметри приводу, уникнути перевантажень, підвищити ефективність роботи механізму та зменшити знос його складових частин.

$$F_{\partial} = P + F_p, \quad (3.34)$$

де P – сила, яка створює опір різанню лезом, Н;

F_p – сила зсуву, Н.

Зведена сила, що прикладена до ножа

$$F_{\partial} = 160 + 218,6 = 378,6 \text{ Н.}$$

$$M = F_{\partial} \cdot R_{\text{сер}}. \quad (3.35)$$

де $R_{\text{сер}}$ – відстань (від ножа до вісі обертання), м

$$R_{\text{сер}} = \frac{R_{\text{max}} - R_{\text{min}}}{2}, \quad (3.36)$$

$R_{\text{max}}, R_{\text{min}}$ – відстані від леза ножа до вісі (відповідно максимальна й мінімальна), м.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$R_{сер} = \frac{0,2 + 0,07}{2} = 0,135 \text{ м.}$$

$$M = 378,6 \cdot 0,135 = 51,1 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Сила, яка діє на шпонку вала

$$F_{ун} = \frac{2M}{d} \quad (3.37)$$

де d – діаметр вала приводу, м.

$$F_{ун} = \frac{2 \cdot 51,1}{0,030} = 3406,7 \text{ Н.}$$

Сила, яка діє на вал приводу від натягу паса

$$Q = 2S_{01}z^1 \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (3.38)$$

де S_{01} – сила натягу паса;

z^1 – кількість пасів, враховуючи нерівномірність розподілу між ними.

$$S_{01} = \frac{780H}{V_n C_\alpha C_p z^1} + qV_n^2, \quad (3.39)$$

де C_α – коефіцієнт кута обхвату паса, ($C_\alpha = 0,79$);

C_p – коефіцієнт режиму роботи ($C_p = 0,79$);

C_p – потужність електродвигуна, кВт;

g – маса погонного метру паса, кг/м, ($g = 0,18$ кг/м);

Кількість пасів

$$z = \frac{N}{[N]}, \quad (3.40)$$

де $[N]$ – найбільша потужність, що передає один пас, кВт

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$z = \frac{3}{1,6} = 1,87 \text{ шт.}$$

Остаточно приймаємо два паси.

$$z^1 = \frac{z}{C_z}, \quad (3.41)$$

C_z – коефіцієнт нерівномірності навантаження на пас, ($C_z = 0,95$)

$$z^1 = \frac{2}{0,95} = 2,1.$$

Потужність паса

$$[N] = (N_0 C_\alpha C_l + \Delta N_u) C_p, \quad (3.42)$$

де N_0 – допустима потужність на пас, ($N_0 = 2,26$);

C_1 – коефіцієнт довговічності залежно від довжини паса, ($C_1 = 0,79$);

ΔN_u – поправка потужності на передаточне відношення, $\Delta N_u = 0,21$ кВт).

$$[N] = (2,26 \cdot 0,95 \cdot 0,79 + 0,21) \cdot 0,84 = 1,64 \text{ кВт.}$$

$$S_{01} = \frac{780 \cdot 3}{4,71 \cdot 0,79 \cdot 0,84 \cdot 2,1} + 0,18 \cdot 4,71 = 346 \text{ Н.}$$

$$Q = 2 \cdot 346 \cdot 2,1 \cdot \sin \frac{110}{2} = 1191,5 \text{ Н.}$$

На вал вага коренебульбоплодів, які знаходяться в бункері. Їх вагу визначимо за формулою

$$B = V \cdot \gamma \quad (3.43)$$

де V – об'єм бункера корморізки, дм^3 , ($V = 8 \text{ дм}^3$);

γ – питома вага коренебульбоплодів, $\gamma = 0,6 \text{ кг/дм}^3$.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$B = 80 \cdot 0,6 = 48$$

Сила, яка створюється коренеплодами

$$M = B \cdot g . \quad (3.44)$$

$$M = 48 \cdot 9,8 = 470,4 \text{ Н.}$$

де g – прискорення вільного падіння.

3.4. Енергетичний розрахунок.

На основі модернізації коренерізки підвищилася її вага. Визначимо зміну ваги окремих її частин.

В конструкцію рами було внесені зміни: куттик № 8/5 для підвищення міцності замінений на куттик № 12,5/8, а смуги з шириною – 80 мм змінено на смугу з шириною – 125 мм:

$$\Delta p = (q_{12,5/8} - q_{8/5}) \cdot 2l + (b_{125} - b_{80}) \cdot 2l_1, \quad (3.45)$$

де $q_{12,5/8}$, $q_{8/5}$ – маса одного погонного метра кутика, кг/м;

l – довжина рами корморізки, м;

b_{125} , b_{80} – маса одного погонного метра смуги з шириною 125 і 80, відповідно, мм · кг/м;

l_1 – ширина рами корморізки, м.

$$\Delta p = (11,2 - 5,83) \cdot 2 \cdot 0,8 + (4,89 - 3,13) \cdot 2 \cdot 0,4 = 7,10 \text{ кг.}$$

До того ж змінено конструкцію одноступінчастих шківів

Для відомого шківа

$$\Delta_{ш.в.} = m_{ш_2} - m_{ш_1} . \quad (3.46)$$

де $m_{ш_2}$, $m_{ш_1}$ – маса шківа, до вдосконалення і після, відповідно, кг

$$\Delta_{ш.в.} = 1,9 - 1,1 = 0,8 \text{ кг.}$$

Ведений шків

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$\Delta_{ш.вд.} = m_{шв2} - m_{шв1}. \quad (3.47)$$

де $m_{шв2}$, $m_{шв1}$ – маса веденого шківа, до вдосконалення і після, відповідно, кг

$$\Delta_{ш.вд.} = 6,3 - 4,2 = 2,1 \text{ кг.}$$

В комплект корморізки додано різальний диск вагою – $m_{р.д.} = 7,1$ кг, й протирізальна пластина вагою $m_{н.н.} = 4,1$ кг. Тоді вага корморізки збільшиться на

$$\Delta = \Delta_p + \Delta_{шв} + \Delta_{ш.вд.} + \Delta m_{р.д.} + m_{н.н.}. \quad (3.48)$$

$$\Delta = 7,1 + 0,8 + 2,1 + 7,1 + 4,1 = 15,5.$$

Вага модернізованої корморізки

$$m_m = m_\delta + \Delta. \quad (3.49)$$

де m_m , m_δ – вага модернізованої й базової машин корморізки, відповідно, кг;

$$m_m = 180 + 15,5 = 195,5 \text{ кг.}$$

Із розрахунків видно, що вага корморізки підвищилася на 15,5 кг.

3.5. Розрахунок клинопасової передачі міцність.

Крутний момент на валу двигуна

$$T_{ед} = \frac{N_{ед}}{n_{ед}} \cdot 9550 \quad (3.50)$$

де $N_{ед.}$ – потужність двигуна, кВт;

$n_{ед.}$ – кількість обертів вала двигуна, об/хв;

$$T_{ед} = \frac{3}{720} \cdot 9550 = 39,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Вибираємо із довідкових даних переріз паса – тип А з наступними параметрами – $b_p = 11$ мм, $h = 80$ мм, $b_0 = 13$ мм, $y_0 = 2,8$ мм, $F_0 = 0,81 \text{ см}^2$.

Приймаємо діаметр ведучого шківа $d_{p1} = 125$ мм, а діаметр відомого $d_{p2} = 250$ мм.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Визначаємо швидкість руху паса

$$v = \frac{\pi \cdot d_{P_{\min}} \cdot n_{e\delta}}{60 \cdot 1000} \quad (3.51)$$

$$v = \frac{3.14 \cdot 125 \cdot 720}{60 \cdot 1000} = 4,7 \text{ м/с}$$

Кількість обертів відомого вала

$$n_{2_{кр}} = \frac{d_{P_{\min}} \cdot n_{e\delta} (1 - \varepsilon)}{d_{P_2}} \quad (3.52)$$

де ε – коефіцієнт проковзування паса приводу.

$$n_{2_{кр}} = \frac{125 \cdot 720 (1 - 0.02)}{250} = 352,8 \text{ об/хв.}$$

$$n_{2_{\delta p}} = \frac{125 \cdot 720 (1 - 0.02)}{180} = 490 \text{ об/хв.}$$

Довжина паса приводу

$$L = 2a + \frac{\pi}{2} (d_{P_{\min}} + d_{P_2}) + \frac{(d_{P_2} + d_{P_1})^2}{4a} \quad (3.53)$$

де a – міжосьова відстань, ($a_{\min} = 355$ мм, $a_{\max} = 425$ мм, з урахуванням механізму натягування паса).

$$L_{\delta p} = 2 \cdot 425 + \frac{3,14}{2} (125 + 180) + \frac{(125 + 180)^2}{4 \cdot 425} = 1383 \text{ мм}$$

$$L_{кр} = 2 \cdot 355 + \frac{3,14}{2} (125 + 250) + \frac{(125 + 250)^2}{4 \cdot 355} = 1398 \text{ мм}$$

Довжину паса приймаємо із умови

$$L_{\delta p} > L > L_{кр},$$

$L_{\delta p} \neq L_{кр}$ 1383 \neq 1398, тому один і той же пас для обох передач неможливо підібрати, тому зменшуємо міжосьову відстань.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$a_{\min} = 340 \text{ мм}, a_{\max} = 440 \text{ мм}.$$

Тоді за (3.53)

$$L_{бр} = 2 \cdot 440 + \frac{3,14}{2}(125 + 180) + \frac{(125 + 180)^2}{4 \cdot 440} = 1412 \text{ мм}$$

$$L_{кр} = 2 \cdot 340 + \frac{3,14}{2}(125 + 180) + \frac{(125 + 180)^2}{4 \cdot 340} = 1372 \text{ мм}$$

Умова $L_{бр} > L > L_{кр}$ задовольняється.

Остаточно, вибираємо пас довжиною - $L = 1400$ мм.

3.6. Висновки по розділу.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено обґрунтування основних технологічних параметрів і режимів роботи корморізки при виконанні подрібнення кормів та приготування рідких кормових сумішей.

В конструкторській частині:

- визначено зоотехнічні вимоги до експлуатації корморізки, що дозволяють забезпечити якісне подрібнення коренеклубнеплодів та оптимальне змішування рідких компонентів у кормових сумішах;
- розроблено принципову схему роботи вдосконаленої корморізки, яка враховує покращену конструкцію робочих органів для підвищення ефективності процесу подрібнення та змішування;
- виконано аналіз силових та енергетичних витрат при роботі машини з оновленими елементами конструкції, що дозволило визначити оптимальні параметри для забезпечення продуктивності при мінімальних витратах енергії;
- визначено основні параметри модернізованих робочих органів, що сприяє рівномірному розподілу навантаження та підвищенню ефективності роботи корморізки.

Проведені розрахунки та експериментальні дослідження показали, що запропонована конструкція корморізки забезпечує покращену якість виконання технологічного процесу.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

4. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено детальне дослідження існуючих конструкцій корморізок, визначено їхні основні переваги та недоліки, а також розроблено вдосконалену модель, що відповідає сучасним вимогам ефективності, енергозбереження та довговічності.

Аналіз стану питання показав, що більшість сучасних корморізок розроблені для великих агропромислових підприємств і мають високу продуктивність. Однак на ринку спостерігається нестача компактних, ефективних і доступних моделей, призначених для малих і середніх фермерських господарств. Це створює необхідність у розробці нових конструкцій, які відповідатимуть потребам дрібних виробників.

Виявлені недоліки існуючих конструкцій включають:

- нерівномірність подрібнення кормів, що впливає на їхню засвоюваність тваринами;
- високий рівень енергоспоживання при відносно низькому коефіцієнті корисної дії (ККД);
- швидке зношення ріжучих елементів та необхідність їх частотої заміни;
- відсутність належного захисту від втрати поживних речовин у процесі подрібнення;
- недостатня безпека для оператора через відкриті ріжучі механізми;
- висока вартість окремих моделей, що обмежує їхню доступність для малих господарств.

Розробка вдосконаленої конструкції корморізки передбачала внесення низькоконструктивних змін:

- оптимізовано ріжучий механізм для забезпечення рівномірного подрібнення корму;
- вдосконалено механізм приводу, що дозволяє знизити енергоспоживання;
- використано більш зносостійкі матеріали для ріжучих елементів, що збільшило їхній термін служби;

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- покращено конструкцію для мінімізації втрат поживних речовин у кормі;
- збільшено рівень безпеки під час експлуатації шляхом додавання захисних кожухів і аварійних зупинок;
- розроблено компактну, доступну та ефективну модель, придатну для малих і середніх фермерських господарств.

Проведені технологічні розрахунки підтвердили ефективність конструктивних змін. Завдяки новій системі різання вдалося значно зменшити зусилля, необхідне для подрібнення коренебульбоплодів, що призвело до зниження споживання електроенергії. Крім того, модернізація дозволила підвищити якість нарізаного корму, що сприяє кращому його засвоєнню тваринами.

Результати розрахунків підтвердили, що вдосконалена конструкція корморізки забезпечує:

- оптимальну продуктивність для невеликих фермерських господарств;
- зменшення втрат корму під час подрібнення;
- стабільну якість подрібнення незалежно від типу корму;
- високу надійність і простоту в обслуговуванні.

Економічна оцінка модернізації корморізки показала, що запропоновані вдосконалення дозволяють значно зменшити експлуатаційні витрати. Зокрема, зниження споживання енергії та збільшення ресурсу ріжучих елементів сприяють зменшенню загальної вартості утримання обладнання. Впровадження вдосконаленої корморізки у фермерські господарства дозволить покращити ефективність кормопідготовки та підвищити продуктивність тваринництва.

Розробка вдосконаленої корморізки є важливим етапом у підвищенні ефективності тваринництва та зменшенні витрат на кормопідготовку.

Результати цієї роботи можуть бути використані у фермерських господарствах, агропромислових підприємствах та інших сферах сільськогосподарського виробництва.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві: Підручник. Київ: Вища шк., 1995. 237 с.
2. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
3. Комаристов В.Ю., Петренко М.М., Косінов М.М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 240 с.
4. Кошук О.Б., Лузан П.Г., Мося І.А. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ: ПТТО НАПН України, 2015. 291 с.
5. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Напрями вдосконалення технічного забезпечення для раціонального використання земельних ресурсів. Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С.28-36.
6. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.
7. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видав. Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.
8. Сало В.М. Шмат С.І., Лузан П.Г. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом. Міжнародна науково-технічна Інтернет конференція «Задачі землеробської механіки в ХХІ сторіччі», 2-10 листопада 2011 г. Дослідницьке, Мелітополь, 2011. С. 61-65. URL: www.tsaa.org.ua.
9. Ревенко І.І., Кукта Г.М., Манько В.М. та ін. Механізація виробництва продукції тваринництва. За ред. І.І. Ревенко. Київ: Урожай, 1994. 264 с.
10. Computational fluid dynamics investigation of heat-exchangers for various air-cooling systems in poultry houses / V.I. Trokhaniak¹, I.L. Rogovskii¹, L.L. Titova¹, P.H. Luzan, P.S. Popyk¹, O.O. Vannyi // Серія «Фізика». № 1(97)/2020. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. ISSN 2518-7198. ISSN 2663-5089. URL:

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

<https://physics-vestnik.ksu.kz/apart/2020-97-1/14.pdf> , DOI 10.31489/2020Ph1/125-

134. Режим доступу до журналу: <https://physics-vestnik.ksu.kz/2020-97-1>.

11. Research of anti-resonance three mass vibratory machine with a vibration on exciter in the form of a passive auto-balancer / Yatsun, V., Filimonikhin, G., Pirogov, V., Amosov, V., Luzan, P. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 5(7-107), стр. 89-97. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213724> .

12. Simulation to investigate the impact of fresh air valves on poultry house aerodynamics in case of a side ventilations system / Використання CFD моделювання для оцінки впливу припливного клапана на аеродинаміку пташника при боковій системі вентиляції / Trokhaniak V.I. , Rogovskii I.L., Titova L.L., Dziubata Z.I., Luzan P.H., Popyk P.S. / 2020, INMATEH, Vol. 62, No.3. URL: <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-16> .

13. Investigation of the influence of exhaust fans location on the upper line on poultry house aerodynamics with the use of CFD / Дослідження впливу розташування витяжних вентиляторів по верхній лінії на аеродинаміку пташника з використанням CFD / Trokhaniak V.I., Spodyniuk N.A., Trokhaniak O.M., Shelimanova O.V., Luzan P.H., Luzan O.R. / Vol. 67, No. 2 / 2022/ URL: <https://doi.org/10.35633/inmateh-67-43>.

14. Investigation of an improved side ventilation system in a poultry house using CFD / Дослідження вдосконаленої бокової системи вентиляції в пташнику за допомогою CFD / Viktor Trokhaniak, Nadia Spodyniuk, Taras Lendiel, Petro Luzan, Anatolii Mishchenko, Svitlana Tarasenko, Lucretia Popa, Claudia Ionita: Vol. 69 / No.1/2023, P.: 121-130. URL: <https://doi.org/10.35633/inmateh-69-11> .

15. Кісільов Р.В., Лузан П.Г., Сисоліна І.П., Лузан О.Р. Вдосконалення конструкції дозатора кормів грабельного типу. Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки». Вип. 1(32). Кропивницький: ЦНТУ, 2019р. DOI: [10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).3-10](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).3-10).

16. Лузан П.Г. Кісільов Р.В., Лузан О.Р. Обґрунтування параметрів решета з щілинами непостійного розміру. Конструювання, виробництво та експлуатація

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. Вип. 49. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.147-154> URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9566>. (Категорія Б).

17. Кісільов Р.В., Хмельовський В.С., Лузан П.Г., Сисоліна І.П. Дослідження двосекційного змішувача для приготування збалансованих сумішей на фермах ВРХ. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. Вип. 50. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.107-113>.

18. Кісільов Р.В., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В., Нестеренко О.В. Дослідження процесу сумішоутворення лопатевим змішувачем для ВРХ. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 52. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. С. 66-72. Режим доступу: <http://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/52.html>.

19. Кісільов Р.В., Кропівний В.М., Лузан П.Г., Нестеренко О.В. Вдосконалення конструкції бітерів дозатора кормів порційної дії. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кропивницький, 2023. Вип. 53. С. 101-111. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.101-111> (Категорія «Б»)

20. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І. та ін. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. За ред. І.І. Ревенко. Київ: Урожай, 1999. 192 с.

21. Ревенко І.І., Манько В.М., Зарайська С.С. та ін. Посібник-практикум з механізації виробництва тваринництва. За ред. І.І. Ревенко. Київ: Урожай, 1994. 288 с.

22. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. За ред. Черновола М.І. Київ: Урожай, 2001. 382 с.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45