

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення конструкції корморізки для подрібнення
коренеплодів КПК-0,5Ф"

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____Гришин Олексій Вячеславович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук

« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Ельчин АЛІЄВ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гришин Олексій Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____

Удосконалення конструкції корморізки для подрібнення коренеплодів КПК-0,5Ф

2. Керівник кваліфікаційної роботи _____

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи _____

5. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 30.01.2024 р.	
2.	Техніко-економічне обґрунтування проблеми вдосконалення запропонованої машини	до 28.02.2024 р.	
3.	Отримання завдання у консультантів розділів роботи	до 10.02.2024 р.	
4.	Підготовка та подання консультантам розділів роботи: - оцінки економічної ефективності розробок	до 01.04.2024 р	
5.	Підготовка та подання керівнику роботи: - теоретичних досліджень - наукової та інженерної частин - вступу та висновків	до 01.04.2024 р до 01.04.2024 р до 10.04.2024 р	
6.	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 01.05.2024 р	
7.	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 5.05.2024 р.	
8.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.05.2024 р.	
9.	Проходження нормо-контролю Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту	
10.	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 10 днів до захисту	
11.	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 3 дні до захисту	
12.	Рецензування кваліфікаційної роботи. Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 3 днів до захисту	
13.	Подання кваліфікаційної роботи та документів до ЕК	за день до захисту	
14.	Захист кваліфікаційної роботи	за графіком	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
A1			КРА 00.000 СБ	Корморізка універсальна КПК-0,5Ф	1	
A4			КРА 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	52	
				<u>Документація по науковій частині</u>		
A1			КРА 00.000 НЧ1	Огляд конструкцій машин для	1	
				приготування кормів		
A1			КРА 00.000 НЧ2	Теоретичне обґрунтування процесу	1	
				різання кормів		
				<u>Документація по</u>		
				<u>складальних одиницях</u>		
				Заново розроблена		
A1			КРА 00.010 СБ	Механізм приводу	1	
A1			КРА 00.020 СБ	Апарат різальний	1	
A2			КРА 00.030 СБ	Рама	1	
A2			КРА 00.040 СБ	Ротор	1	
				<u>Документація по деталях</u>		
				Заново розроблена		
A3			КРА 00.401	Диск	1	
A3			КРА 00.602	Вал	1	
A3			КРА 00.103	Шків	1	
A3			КРА 00.504	Ніж	1	
.						
				КРА 00.000 ВП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	
Розроб.	Гришин					
Перевір.						
Н. контр.						
Затверд.					ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1,2	
					Літера	Аркуш
						Аркушів
						1

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	4
2. НАУКОВА ЧАСТИНА	6
2.1. Постановка мети і задач досліджень	6
2.2. Теоретичний аналіз розробки, визначення основних передумов дослідження	8
2.2.1. Процес різання коренеплодів	8
2.2.2. Визначення зусилля різання	10
2.2.3. Опір коренеплодів різанню	12
2.3.4. Визначення продуктивності коренерізки та потужності на її привод	13
2.3. Теоретичний розрахунок запропонованої корморізки	16
2.4. Висновки по розділу	20
3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	22
3.1. Опис об'єкту розробки	22
3.2. Технологічні розрахунки машини та робочих органів	25
3.3. Кінематичний розрахунок	32
3.4. Розрахунок вала приводу на міцність	35
3.5. Висновки по розділу	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
4.1. Аналіз ризиків виникнення небезпечних і шкідливих факторів під час виконання робіт корморізкою	39
4.2. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на машині	40
4.3. Інструкція з охорони праці при виконанні робіт корморізкою	41
4.4. Заходи по зниженню шуму та вібрації	42
4.5. Заходи з пожежної профілактики	44
4.6. Висновки по розділу	44
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	45
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
Додатки	52

1. ВСТУП

Підвищення продуктивності галузі тваринництва необхідне для забезпечення стабільного постачання якісних та безпечних продуктів харчування населення. Якість годівлі тварин визначається багатьма факторами, серед яких ключове значення має якість кормів. Оскільки витрати на корми становлять значну частку витрат на виробництво тваринницької продукції (від 30% до 60%), важливо забезпечити їхню оптимальну якість та доступність.

Сучасні технології виробництва кормів, які дозволяють максимально використовувати генетичний потенціал тварин, зазвичай супроводжуються високими технічними вимогами, але не завжди отримують широке розповсюдження через недостатню технічну базу у багатьох господарствах.

Застосування інтенсивних технологій у виробництві тваринницької продукції передбачає не лише механізацію та автоматизацію процесів на фермах, але й удосконалення системи годівлі тварин. Це включає в себе не лише вирощування кормів, а й їхню обробку та приготування збалансованих кормосумішей з різних компонентів.

На жаль, багато існуючих машин для приготування кормів не відповідають сучасним вимогам ефективності та енергоефективності. Вони часто мають велику енергетичну витратність та високу матеріаломісткість, що призводить до збільшення собівартості кормів.

Дослідження в галузі розробки нових технологій та машин для приготування кормів мають велике народногосподарське значення. Вони спрямовані на зниження витрат енергії та матеріалів при виробництві кормів, що дозволить підвищити ефективність галузі та знизити собівартість продукції.

З появою фермерських господарств, особливо гостро стоїть проблема недостатньої доступності машин для годівлі тварин. Розвиток нових, більш

					КР 00.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Гришин			Удосконалення конструкції корморізки для подрібнення коренеплодів КПК-0,5Ф				Літера		Аркуш	Аркушів		
Перевір.											4	52		
Н.контр.														
Затв.														
					ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2									

ефективних та універсальних машин може допомогти вирішити цю проблему та сприяти зростанню продуктивності в цьому секторі.

Вдосконалення машин для приготування кормів тваринам є ключовим елементом для підвищення якості та ефективності виробництва у сільському господарстві та промисловості кормів.

Машини, які швидко та ефективно обробляють корми, дозволяють підвищити продуктивність та знизити витрати на виробництво кормів.

Покращені машини дозволяють краще змішувати компоненти корму, забезпечуючи більш однорідну консистенцію та збалансований склад.

Автоматизовані процеси приготування кормів зменшують необхідність у ручній праці та знижують витрати часу на цей процес.

Сучасні машини можуть мати функції, що сприяють забезпеченню безпеки та гігієни виробництва, що особливо важливо в харчовій промисловості.

Завдяки покращенню якості та ефективності виробництва кормів, підприємства можуть стати більш конкурентоспроможними на ринку.

Ефективне виробництво кормів допомагає зменшити втрати сировини та енергії, що сприяє більш екологічному виробництву.

В даній кваліфікаційній роботі зроблена спроба удосконалення конструкції коренерізки для подрібнення коренеплодів з метою покращення її роботи та розширення універсальності.

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Постановка мети і задач досліджень.

Актуальність теми. Розвиток та успіх виробництва продукції тваринництва тісно пов'язані з ефективністю підготовки кормів, що є одним з найбільш трудомістких аспектів у цьому секторі. Збільшення виробничих потужностей для приготування кормів може значно вплинути на продуктивність та рентабельність фермерських господарств. Особливу увагу слід приділити технологічному оснащенню, адаптованому до розмірів і специфіки ферм.

Наразі широко використовувані машини для приготування кормів часто не відповідають потребам малих фермерських господарств через їх високу продуктивність та значні інвестиційні витрати. Ці машини призначені для обробки великих обсягів сировини, що робить їх недоцільними для використання в умовах обмеженого виробництва.

Вирішення цієї проблеми вимагає інноваційного підходу до процесу виробництва кормів, зокрема розробки та впровадження нових моделей машин, які були б спеціально адаптовані до потреб малого та середнього тваринництва. Це передбачає не тільки адаптацію розміру обладнання, але й оптимізацію його функціональності для зниження вартості виробництва кормів.

Удосконалення технічного оснащення для малих фермерських господарств відкріє нові можливості для підвищення їхньої продуктивності, дозволить знизити витрати і збільшити загальну ефективність виробництва продукції тваринництва. Розв'язання цього завдання також сприятиме сталому розвитку агросектору, підвищенню його конкурентоспроможності та забезпеченню більшої самодостатності виробників.

У роботі розглядається розробка універсальної машини, призначеної для подрібнення коренеплодів з можливістю їх подальшого використання у кормі для тварин. Машина може бути адаптована для різних завдань: шляхом заміни робочого органу та противоріза на ротор, вона здатна приготувати рідкі кормові суміші. У процесі приготування сумішей машина функціонує у циклічному

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

режимі, тоді як для подрібнення коренеплодів використовується безперервний режим.

Машина оснащена для подрібнення соковитих кормів з визначеними характеристиками, які варіюються залежно від виду тварин, що споживатимуть корм. Основним параметром є товщина нарізки коренеплодів, яка має бути в межах 10-15 мм для великої рогатої худоби, 5-10 мм для телят і свиней, та 3-5 мм для птиці.

Інший важливий параметр – це ступінь подрібнення, де вміст частинок розміром до 50 мм повинен становити понад 70%. Важливо також, щоб подрібнення коренеплодів відбувалось безпосередньо перед їх подачею у корм, не пізніше ніж за дві години до згодовування, щоб запобігти їхньому псуванню. Крім того, процес має мінімізувати втрату клітковинного соку, що має велике значення для живильності корму.

Мета роботи і задачі дослідження. Мета роботи полягає в підвищенні продуктивності та універсальності корморізки для подрібнення коренеплодів, зменшення споживання енергії під час її роботи шляхом удосконалення конструкції ріжучого пристрою та розробки механізму для вивантаження.

Для досягнення поставленої мети роботи поставлені наступні задачі:

- визначити прогресивний напрямок удосконалення корморізки для обробки коренеплодів та розробити удосконалену її конструкцію враховуючи поточні потреби та можливості;
- дослідити, як тип леза в ріжучому апараті впливає на якість та ефективність подрібнення коренеплодів та виконати аналіз отриманих залежностей;
- визначити можливі шляхи отримання техніко-економічної ефективності запропонованих інноваційних змін.

Об'єкт дослідження – ріжучий апарат корморізки з горизонтальним ріжучим апаратом.

Предмет дослідження – подрібнення коренеплодів корморізками з горизонтальними ріжучими апаратами.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2.2. Теоретичний аналіз розробки, визначення основних передумов дослідження.

2.2.1. Процес різання коренеплодів.

Для подрібнення коренеплодів застосовуються ножі різної форми: з прямолінійним і гребінчастим лезом, лопаткові.

Для розрізання коренеплодів використовують ножі різних типів: із прямим та гребінчастим лезом, а також у формі лопати. Плоский ніж з суцільним лезом (рис. 2.1) формує стружку у вигляді широких пластинок, товщина яких h , залежить від регулювання положення ножа стосовно площини диска чи барабана. Ширина цих пластинок b , відповідає ширині оброблюваного продукту, а довжина l , може бути рівною довжині часток продукту. Такі параметри стружки задовольняють потреби годівлі ВРХ.

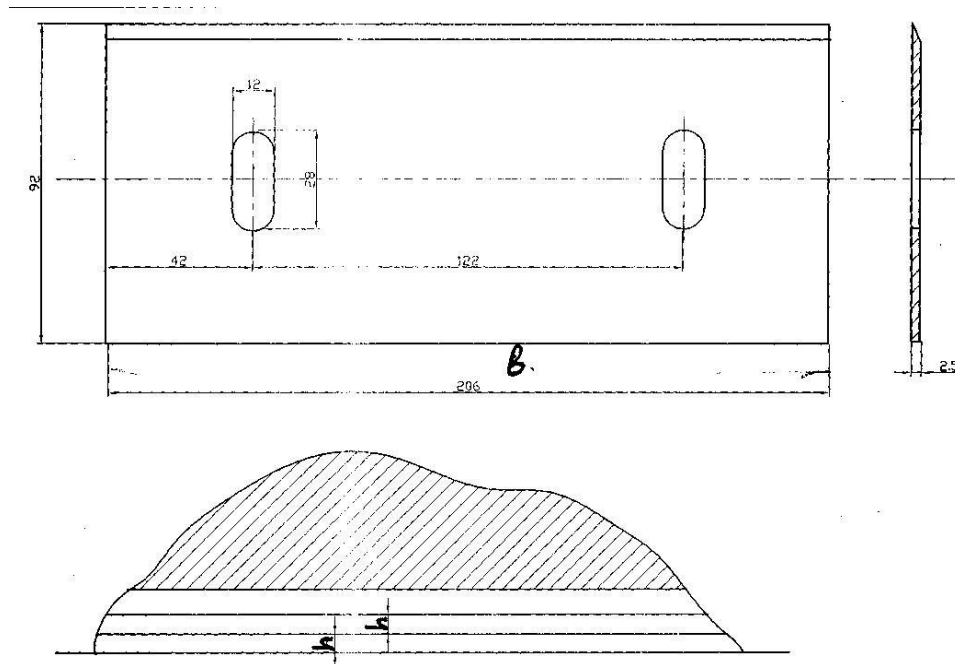


Рисунок 2.1 – Ніж плоский із суцільним лезом

Гребінчастий ніж (рис. 2.2) відрізає частину коренеплоду у вигляді вузьких смужок з шириною b_1 , що рівна ширині гребеня, товщиною h , що рівна висоті його встановлення й довжиною l , що рівна довжині відрізаних часток корму. Така форма стружок відповідає годівлі молодняку ВРХ і свиней.

Гребінчасті ножі монтуються на диску чи барабані так, що один ніж зміщений відносно іншого на дистанцію, яка дорівнює ширині b_1 гребеня. За цієї

конфігурації перший ніж формує стружку шириною b_1 та товщиною h , тоді як наступний ніж вирівнює виступаючі частини.

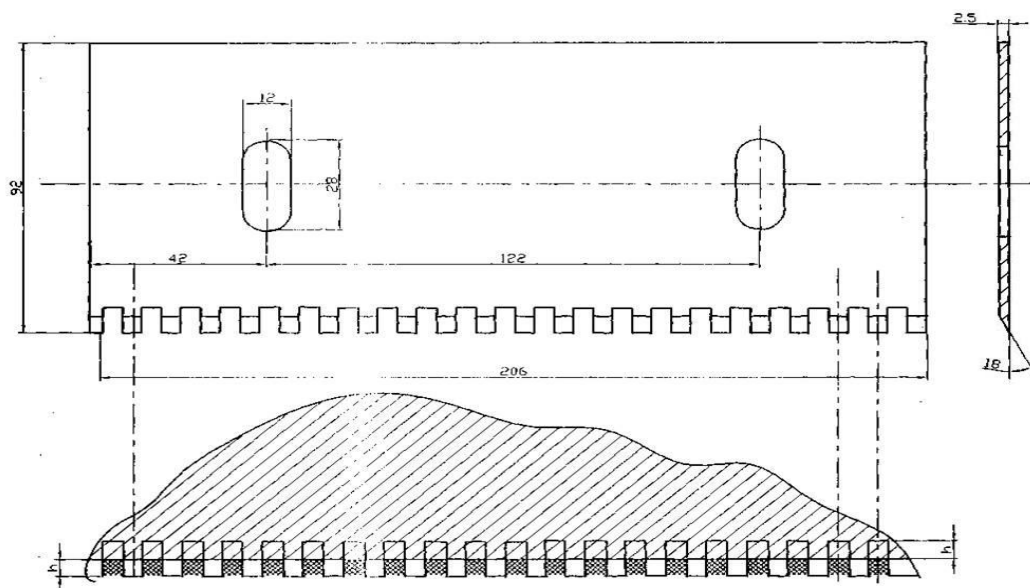


Рисунок 2.2 – Ніж прямий з гребінчастим лезом

Лопаткові ножі, рис. 2.3, вирізають стружку у вигляді вузьких смужок, розміри яких залежать від параметрів лопаток та способу встановлення ножів. Основна перевага цих двох ножів полягає в тому, що їхні леза виконують різання стружки, а не просто відокремлюють її, на противагу ножам з гребінцевою формою.

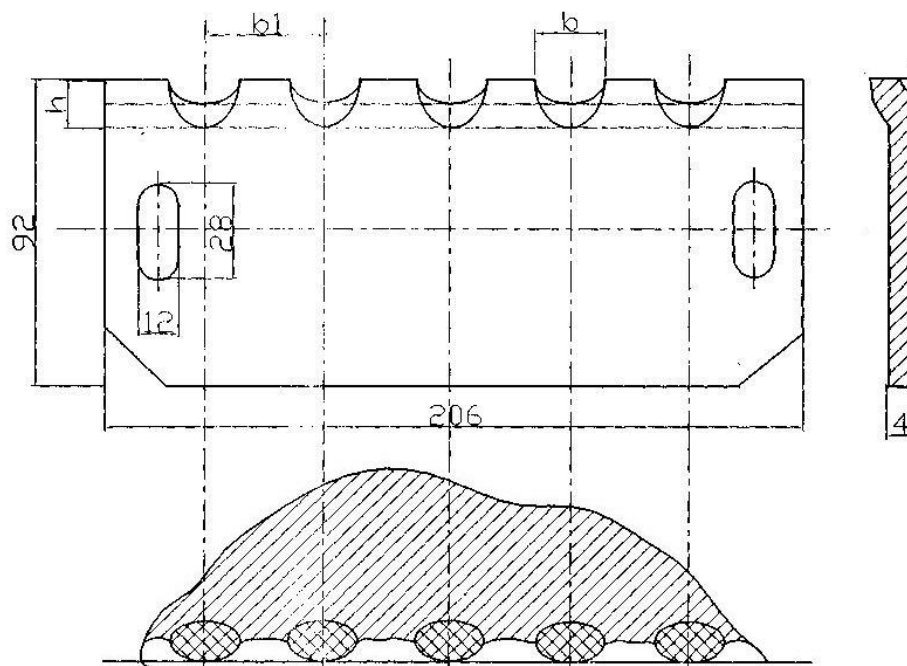


Рисунок 2.3 – Плоский ніж з зубами у вигляді лопатки

2.2.2. Визначення зусилля різання.

На відміну від соломорізок, де стебла перерізаються за допомогою леза, у коренерізках основним інструментом є різець у формі клина.

Згідно з теорією клина, процес вирізання стружки при різанні коренеплодів відбувається наступним чином:

- спочатку клин з певним кутом α , (рис. 3.4), проникає в матеріал під впливом сили P , яка з часом зменшується на відрізку a ;
- коли ця сила P досягає певного порога, відбувається відколювання частини стружки на відстані l , яка завжди перевищує величину стиснення a .

Дослідження показали, що лінія відколювання починається трохи перед різцем і спочатку заглиблюється в матеріал, а потім змінює напрям, ідучи під певним кутом вгору.

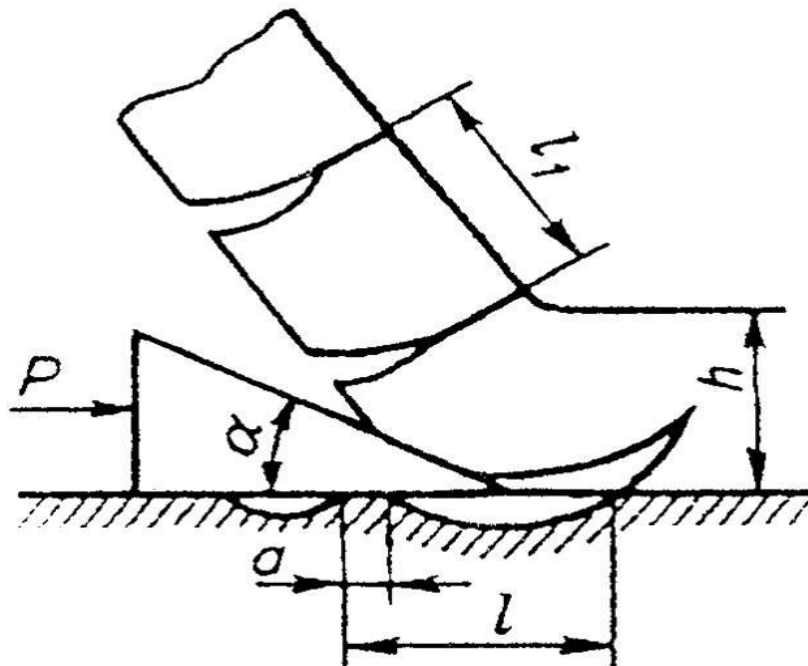


Рисунок 2.4 – Схема утворення стружки і входу клина у матеріал

Проте, поверхня не розривається, і зламані частини залишаються з'єднаними (у вигляді стружки). Немає помітного зменшення розмірів або скорочення стружки під час різання коренеплодів, тобто $l = l_1$.

Процес різання відбувається зі змінними зусиллями - спочатку зусилля дорівнює нулю перед початком різання, потім збільшується під час продвиження ножа, досягаючи піку, і знову зменшується до нуля у момент зламу.

$$a = \frac{h \cdot \cos(\phi) \cdot \sin^2\left(\frac{90 - \phi_1}{2} \cdot \cos \frac{\phi + \phi_1 - \alpha}{2}\right)}{\cos^3\left(\frac{\phi + \phi_1 + \alpha}{2}\right)}, \quad (2.1)$$

де h – товщина стружки коренеплоду;

α – кут різання ножа;

ϕ – кут тертя подрібнюваного матеріалу об клин, $\phi = 35^\circ \dots 40^\circ$;

ϕ_1 – кут тертя ножа в площині сколювання.

При подрібненні коренеплодів сколювання стружки відбуватиметься без істотного ковзання по площині сколювання, тому можна вважати, що кут $\phi_1 = 1$, тоді (3.1) можна записати у вигляді

$$a = \frac{0,5 \cdot h \cdot \cos(\phi) \cdot \cos\left(\frac{\phi - \alpha}{2}\right)}{\cos^3\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right)}, \quad (2.2)$$

Відношення довжини l до шляху стискання a

$$\lambda_{\text{зж.}} = \frac{a}{l} = \frac{0,5 \cdot h \cdot \cos(\phi) \cdot \cos\left(\frac{\phi - \alpha}{2}\right)}{(0,34 + 0,026 \cdot \alpha + 0,5 \cdot h) \cdot \cos^3\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right)}, \quad (2.3)$$

Із наведених вище формул й експериментальних даних слідує, що довжина елементів стружки l залежить від товщини стружки h та кута різання, майже не залежить від швидкості різання і товщини ножа. При різанні коренеплодів різцем у формі клина матеріал не ковзає по лезу, а ріжеться за принципом "рубка". Це пояснюється тим, що кут тертя коренеплодів об грань металевго клина знаходиться у діапазоні $35^\circ \dots 40^\circ$ градусів, що значно перевищує аналогічні значення для інших матеріалів. Тому збільшення кута ковзання для полегшення різання виявилось б складним конструктивним завданням. Крім того, протягом значної частини процесу різання ріжучий край леза взагалі не навантажується. За цією схемою, цю частину можна представити як відрізок $l - a$.

2.2.3. Опір коренеплодів різанню.

Загальний опір коренеплодів різанню визначається за формулою

$$P = P_0 + k \cdot b \cdot h + \zeta \cdot b \cdot h \cdot v^2, \quad (2.4)$$

де P – опір різанню коренеплоду;

P_0 – сила дії ножа на матеріал;

k, ζ – коефіцієнти пропорційності;

h і b – товщина і ширина входження ріжучого інструменту, мм;

v – швидкість різання коренеплоду, м/с.

Тоді, в загальному (2.4) запишемо у вигляді

$$P = P_0 + P_{\text{деф.}} + P_{\text{шв.}}, \quad (2.5)$$

Перший член враховує постійний опір, що залежить від конструктивних особливостей. Його можна визначити за формулою

$$P_0 = \beta \cdot \Delta L \cdot \lambda \cdot \delta^m, \quad (2.6)$$

Опір деформації шару, що зрізується

$$P_{\text{деф.}} = \frac{k}{\zeta} \cdot \Delta L \cdot h. \quad (2.7)$$

$$\zeta = \frac{1}{h} = 0,34 + 0,026\alpha + 0,5 \cdot h. \quad (2.8)$$

$$k = \frac{0,2 \cdot k_4 \cdot \sin(\alpha + 2 \cdot \phi) \cdot \cos\left(\frac{\phi - \alpha}{2}\right)}{\cos^3\left(\frac{\phi + \alpha}{2}\right)}, \quad (2.9)$$

де k_4 – максимальне значення напруження сколювання, (цукрові буряки – $9,3 \cdot 10^4$, морква – $5,1 \cdot 10^4$, картопля – $3,8 \cdot 10^4$ Н/м²).

На опір сколювання впливає швидкість різання і викликається необхідністю відкидати зрізану стружку в бік зі швидкістю.

Опір, на який впливає швидкість різання

$$P_{шв.} = 0,026 \cdot \Delta L \cdot h \cdot v^2, \quad (2.10)$$

де v – швидкість різання коренеплоду, м/с.

Опір різання для кормових буряків P від товщини стружки h при куті різання $\alpha = 17^\circ$, рис. 3.5.

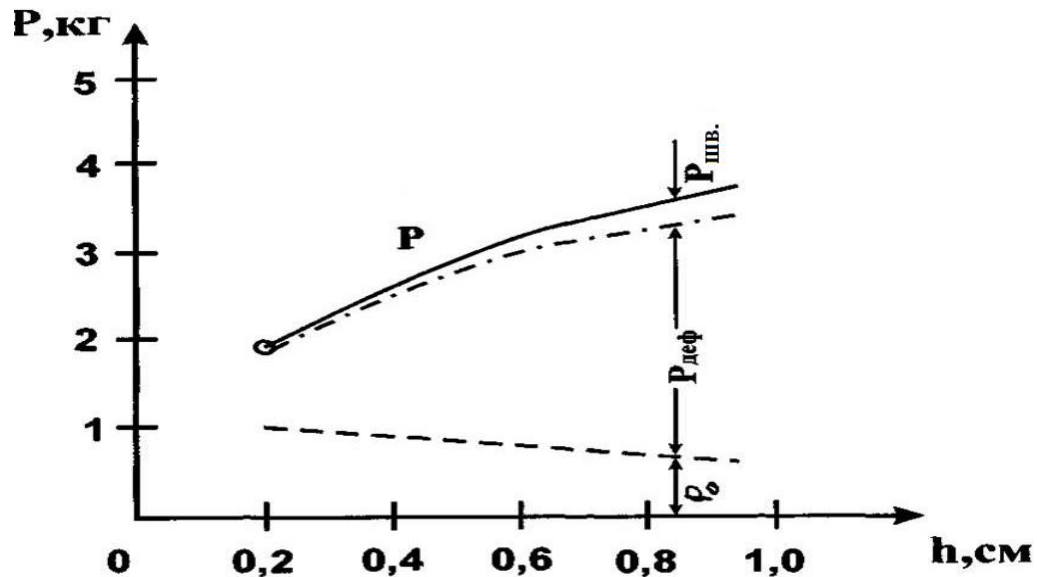


Рисунок 2.5 – Графік розподілу складових зусиль різання опору при $\alpha = 17^\circ$ для кормових буряків

Із графіка видно, що більша частина опору припадає на різання та деформацію зрізаного шару і не невелика на опір, який залежить від швидкості різання.

2.3.4. Визначення продуктивності коренерізки та потужності на її привод.

Продуктивність барабанних й дискових коренерізок, кг/год.

$$Q = 60 \cdot v \cdot n \cdot \rho, \quad (2.11)$$

де v – об'єм коренеплоду, який зрізується ножами коренерізки за один оберт барабана чи диска, м³;

n – частота обертання ріжучого апарату коренерізки, хв⁻¹;

ρ – густина коренеплодів у коренерізці, кг/м³.

Значення ν для різних типів коренерізок залежить від конструкції ножів. Для дискової коренерізки, що має ножі із суцільним лезом, об'єм коренеплоду, що зрізується

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot h \cdot Z \cdot n \cdot \rho \cdot k_0 \cdot k', \quad (2.12)$$

де R – коло, що описує лезо ножа кінцевою частиною, м;

r – коло, що описує лезо ножа внутрішньою частиною, м;

h – товщина стружки, яка відрізається, м;

Z – кількість ножів, шт;

n – частота обертання різального диска, хв^{-1} ;

k_0 – коефіцієнт використання довжини ножів (вертикально дискові коренерізки - $k_0 = 0,3 \dots 0,4$; горизонтально-дискові $k_0 = 0,8 \dots 0,9$ $k_0 = 0,8 \dots 0,9$;

k' – коефіцієнт, що враховує пустоти між коренеплодами, $k' = 0,6 \dots 0,7$.

Якщо робочий орган коренерізки обладнаний ножами з гребінчастим чи лопатоподібним лезом, якими стружка товщиною h знімається тільки після проходження двох ножів, у ν і Q натомість Z ставлять $Z/2$.

Потужність на привод коренерізки

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \quad (2.13)$$

де N_1 – потужність, яка витрачається на подолання сил опору різання коренеплодів;

N_2 – потужність, яка витрачається на подолання сил тертя коренеплодів з рухомими частинами коренерізки, (барабаном чи диском);

N_3 – потужність, яка витрачається на подолання сил опору в механізмі приводу.

Потужність на подолання сил опору різання

$$N_1 = g_0 \cdot L \cdot Z \cdot \nu_{cp} \cdot k_0 \cdot k', \quad (2.14)$$

де $g_0 = 1500 \dots 2000$ – питомий опір різанню коренеплодів, Н/м;

L – довжина ножа коренерізки, м;

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Z – кількість ножів на дискові, шт;

v_{cp} – середня швидкість різання коренеплодів, м/с;

k_0 – коефіцієнт використання довжини ножів коренерізки;

k' – коефіцієнт що враховує пустоти між коренеплодами.

Потужність, що витрачається на подолання сил тертя

$$N_2 = M \cdot \omega = \frac{2}{3} \cdot T \cdot R \cdot f \cdot \omega \cdot \beta, \quad (2.15)$$

де T – нормальна сила тиску коренеплодів на кожух коренерізки, Н;

R – радіус кола, яке описує зовнішній кінець ножа, м;

f – коефіцієнт тертя коренеплодів по диску;

ω – кутова швидкість диска, c^{-1}

β – коефіцієнт, який враховує зміни нормальної сили тиску коренеплодів по диску зрізанням стружки ножами.

Нормальна сила тиску залежить від кількості коренеплодів G , які знаходяться у завантажувальному пристрої й кута нахилу завантажувального пристрою α . Кількість коренеплодів у завантажувальному пристрої

$$G = V_{з.к.} \cdot \rho, \quad (2.16)$$

де $V_{з.к.}$ – об'єм камери, в яку завантажуються коренеплоди, m^3 ;

ρ – густина завантажених коренеплодів, kg/m^3 .

Звідки

$$N_2 = \frac{2}{3} \cdot 9,81 \cdot G \cdot R \cdot f \cdot \omega \cdot \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.17)$$

Витрати потужності в механізмі приводу

$$N_3 = (N_1 + N_2) \cdot (1 - \eta), \quad (2.18)$$

де η – коефіцієнт використання механізму приводу.

2.3. Теоретичний розрахунок запропонованої корморізки.

У відповідності до зоотехнічних вимог при підготовці коренеплодів до згодовування, їх миють, подрібнюють й змішують з іншими компонентами. Корморізка, яка удосконалюється передбачає лише операцію подрібнення.

Підготування кормів відбувається таким чином: спочатку коренеплоди завантажуються у бункер, який оснащений різальним диском з ножами, та запускається електродвигун.

Так як дном завантажувального бункера є різальний диск з ножами, то відразу ж починається процес подрібнення, методом зняття стружки різцем з оброблюваного матеріалу.

За допомогою скребків коренеплоди, під дією відцентрової сили прижимається до стінок вивантажувального бункера і рухаються вздовж них. Через вивантажувальний отвір, при відкритій заслінці, вивантажуються у підставлену ємкість (рис. 2.6).

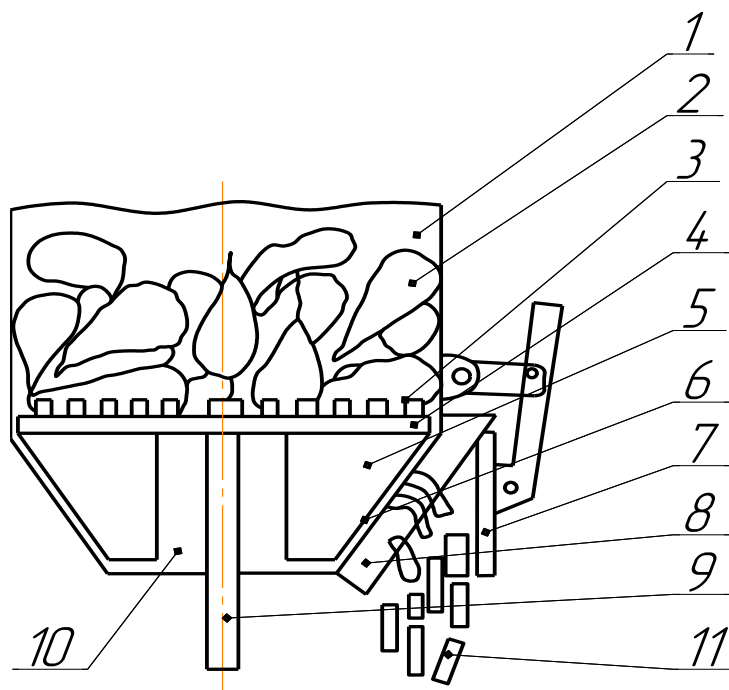


Рисунок 2.6 – Схема подрібнення коренеплодів: 1 – бункер; 2 – коренеплоди; 3 – ножі; 4 – диск; 5 – скребка; 6 – вивантажувальний отвір; 7 – заслінка; 8 – лоток; 9 – вал; 10 – вивантажувальний бункер; 11 – подрібнені коренеплоди

Для різання або подрібнення коренеплодів використовуються гребінчасті ножі, що встановлені у відповідні щілини диска. Щоб зменшити силу на

подрібнення і знизити потужність, необхідну для приводу використовуємо похиле різання замість прямого. При цьому рух матеріалу вздовж леза не відбувається, оскільки сила тертя більше, ніж сила ковзання, однак зменшується нормальний тиск на лезо завдяки появі тангенціального тиску (рис. 2.7).

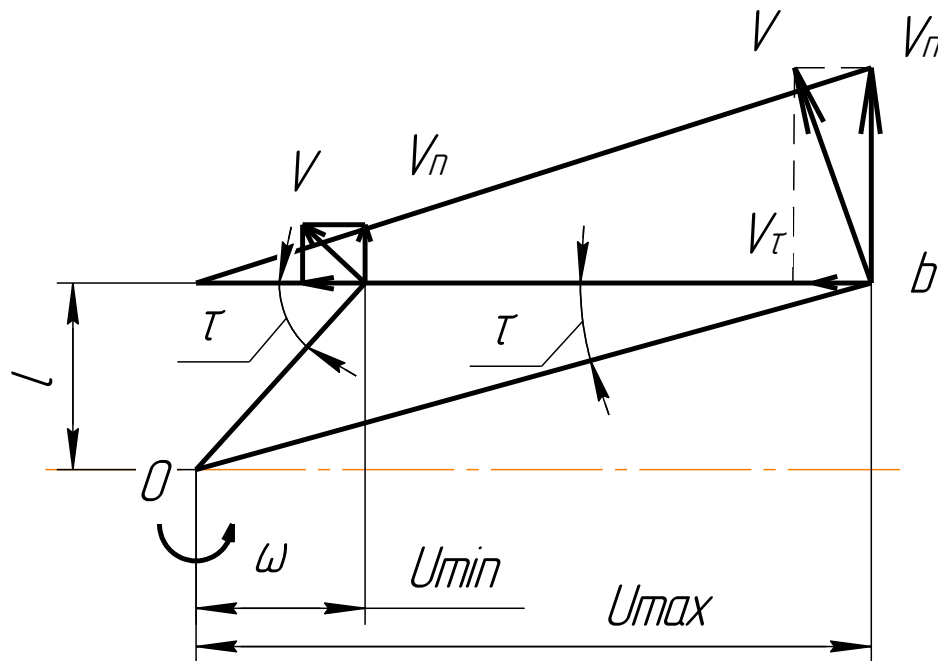


Рисунок 2.7 – Схема похилого різання

При такому встановленні і рухові ножа швидкість V розкладається на: нормальну V_n і тангенційну V_τ , при чому вона буде сталою.

$$V_\tau = \omega l = \text{const}, \quad (2.18)$$

де ω - кутова швидкість руху ножа, с^{-1} ;

l - довжина вільоту ножа, м.

Нормальна навпаки, буде змінюватися.

$$V_n = \omega U, \quad (2.19)$$

де U - відстань від O до точки на лезі ножа, м.

При такому виді різання параметром, нормального та ковзаючого різання є коефіцієнт E . Для похилого різання його значення повинно бути в межах

$$0 \leq E \leq 2. \quad (2.20)$$

Коефіцієнт ковзання

$$E = \frac{V_{\tau}}{V_n} = \frac{l}{U} \quad (2.21)$$

Виходячи з умови (2.3), (2.4) підбираємо параметри l і U згідно (рис. 2.8)

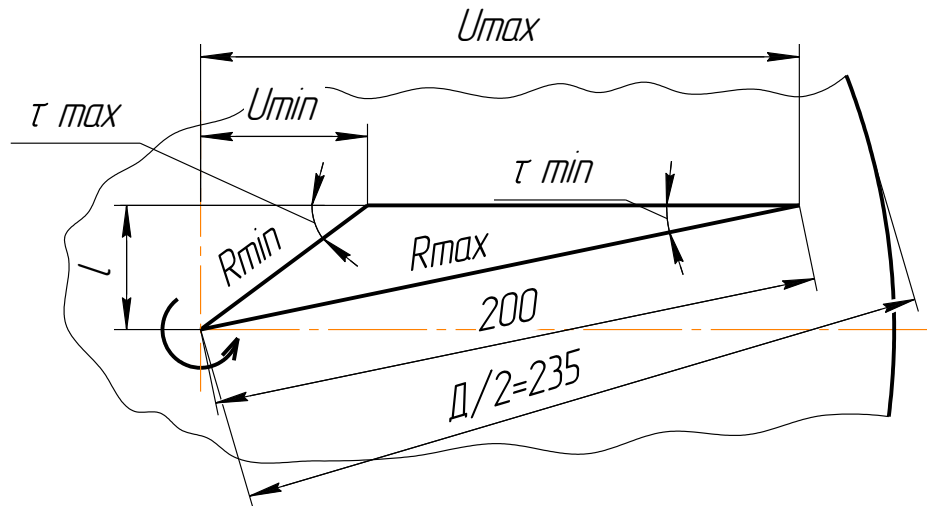


Рисунок 2.8 – Схема положення ножа

$E = t_{\delta} \cdot \tau$. Тоді τ прийме значення $0 < \tau < 63^{\circ}$.

Приймаємо для розрахунків $\tau_{\max} = 50^{\circ}$. Згідно (рис. 2.8) визначаємо довжину вильоту ножа

$$l = \sin \tau_{\max} \cdot R_{\min}, \quad (2.22)$$

де $R_{\min}$ - мінімальна відстань розташування ножа від осі обертання. Вибираємо конструктивно із умови забезпечення міцності, м, ($R_{\min} = 0,07$ м).

$$l = \sin 50^{\circ} \cdot 0,07 = 0,053 \text{ м.}$$

Остаточно приймаємо $l=50$ мм. Розраховуємо коефіцієнт ковзання за формулою (2.21), визначивши попередньо із (рис. 2.8):

$$U = \sqrt{R^2 - l^2}. \quad (2.23)$$

Тоді

$$E = \frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}} \quad (2.24)$$

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

де $E_{\min}, E_{\max}$ - максимальна й мінімальна величина коефіцієнта ковзання.

Отже коефіцієнт ковзання при параметрах $l=0,05$ м і $U_{\max} = 0,2$ м, $U_{\min} = 0,05$ м, задовольняє умову $0 < E < 2$

Визначаємо характеристики леза ножа. Щоб забезпечити зниження опору під час різання, необхідно враховувати кут заточки менше 30° . Проте, для збереження міцності та стійкості леза, кут повинен бути не менше 24° . Отже, ми обираємо кут $\beta=30^\circ$. Щодо збереження гостроти леза μ , важливо заточувати його так, щоб товщина леза залишалася в межах 100 мкм. Товщину ножа обираємо найменшу з урахуванням міцності.

З урахуванням наведеного вище приймаємо такі характеристики ножа (рис. 2.9).

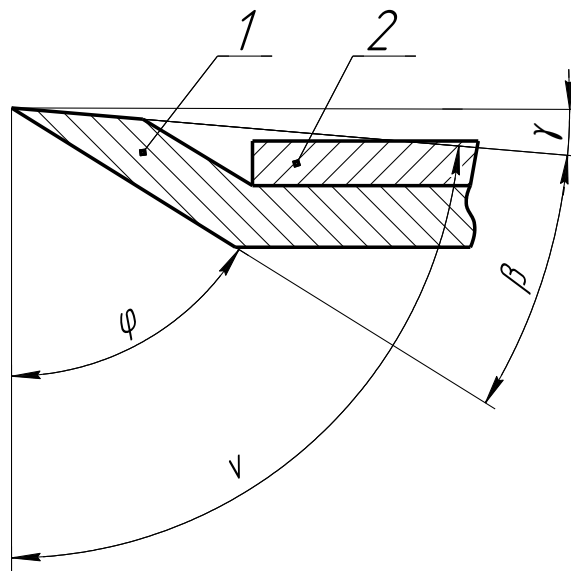


Рисунок 2.9 – Характеристики ножа: 1 – ніж; 2 – диск; кути: $\beta=30^\circ$ – заточування; $\gamma=50^\circ$ – встановлення; $\varphi=55^\circ$ – задній; $V=\varphi+\beta=55+30=85^\circ$ – різання

Так як ніж на диску має виліт, то відбувається переміщення косо поставленого клина в просторі. Це дозволить зменшити необхідну потужність різання зменшенням фактичного кута заточування (рис. 2.10).

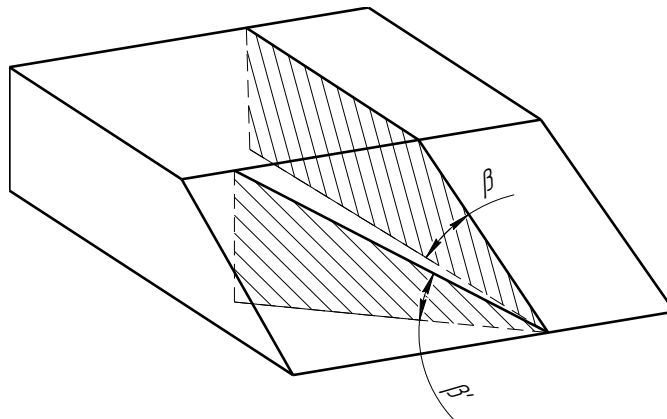


Рисунок 2.10 – Фактичний кут заточування

Визначимо фактичний кут різання β^1

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

$$\beta_{\min}^1 = \arctg(tg / \sqrt{1 + E_{\max}^2}) = \arctg(tg 30^\circ / \sqrt{1 + 1,02^2}) = 22^\circ .$$

$$\beta_{\max}^1 = \arctg(tg / \sqrt{1 + E_{\min}^2}) = \arctg(tg 30^\circ / \sqrt{1 + 0,26^2}) = 29^\circ .$$

Рівень впливу кінематичної трансформації на умови різання, яка виражається коефіцієнтом K_{KT} кінематичної трансформації.

$$K_{KT} = (\beta - \beta_{cp}^1) / \beta = (30^\circ - 25,5^\circ) / 25,5^\circ = 0,15 .$$

Тут $\beta_{cp}^1 = (\beta_{\min}^1 + \beta_{\max}^1) / 2 = (22^\circ + 29^\circ) / 2 = 25,5^\circ .$

Звідки можна визначити, що фактичний кут зменшився в середньому у 0,15 раз.

2.4. Висновки по розділу.

1. Ефективне вирішення завдання з виробництва продукції тваринництва передбачає необхідність розширення виробничих потужностей для приготування

кормів, що є складним етапом у процесі виробництва. Поточні машини для приготування кормів не відповідають потребам невеликих фермерських господарств через свою велику продуктивність і вартість.

2. Для подрібнення коренеплодів використовуються ножі різних форм: з прямим або гребінчастим лезом, а також лопаткові. Лопаткові ножі подрібнюють коренеплоди у вигляді тонких смужок, перевага полягає в тому, що вони ріжуть, а не розривають коренеплоди, як це роблять ножі з гребінчастим лезом.

3. Під час різання коренеплодів не відбувається помітного ковзання по поверхні різання, що сприяє збереженню цілісності продукту.

4. Довжина подрібнених смужок коренеплодів l залежить від їх товщини h та кута різання, і практично не змінюється від швидкості різання або товщини ножа. Різання коренеплодів відбувається за принципом "рубка" при використанні різця, подібного до клина.

5. Значна частина опору під час різання залежить від опору різанню та деформації зрізаного шару, в той час як невелика частка опору визначається швидкістю різання.

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Опис об'єкту розробки.

Об'єктом удосконалення в кваліфікаційній роботі є багатофункціональна машина, призначена для подрібнення коренеплодів з метою подальшого згодовування тваринам, й після невеликого дообладнання, а саме зміни різального апарата на ротор може використовуватися для приготування бетонних розчинів.

Під час приготування рідких розчинів машина працює в циклічному режимі, а при подрібненні коренеплодів у безперервному режимі.

У процесі виробництва рідких розчинів агрегат працює в циклічному режимі, тоді як для подрібнення коренеплодів використовується безперервний режим.

Подрібнювач (рис. 3.1) складається з рами 1 до якої закріплені колеса для її переміщення 2, електричного двигуна 3, бункера 4. Привод валу робочого органу ротора здійснюється від електродвигуна 5 через клинопасову передачу 6. На вал 5 закріплюється робочий орган 7. Механізм вивантаження 8 для вивантаження приготовленої кормової суміші чи розчину.

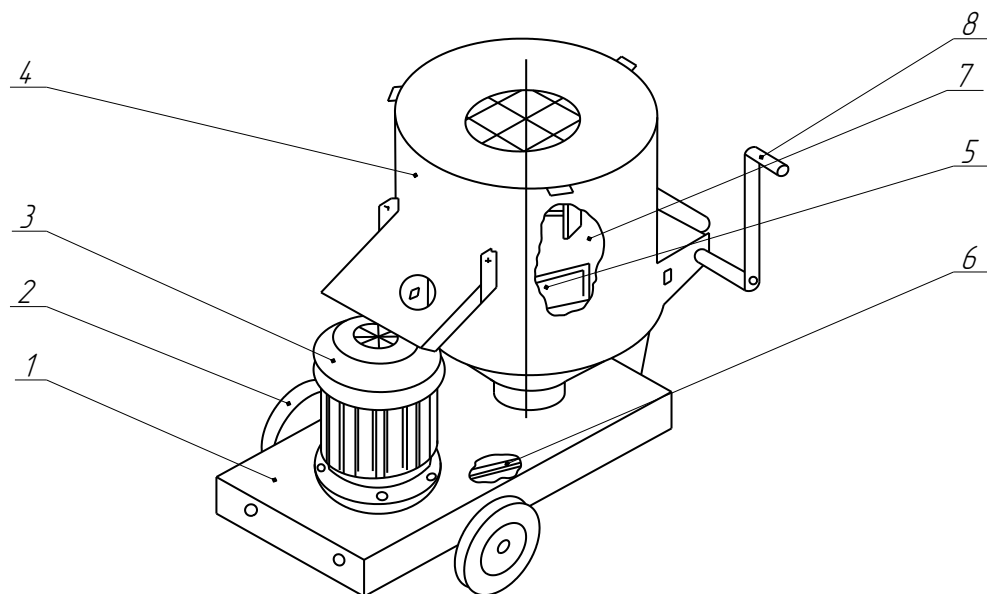


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд корморізки КПК-0,5Ф: 1 – рама; 2 – колеса; 3 – двигун; 4 – бункер; 5 – вал; 6 – клинопасова передача; 7 – робочий орган; 8 – механізм вивантажування

В роботі пропонується удосконалити вузли: механізм вивантажування, ріжучий апарат й привод.

Механізм розвантаження складається з двох частин: механізму вивантаження подрібненої маси та механізму для відкриття вивантажувального вікна. В механізмі вивантаження (рис. 3.2) використовуються скребки 1, які прикріплені до нижньої частини диска за допомогою кутиків 2 і мають форму, адаптовану до нижньої частини бункера, що дозволяє зрушувати всі частинки подрібненої маси та під дією відцентрової сили виштовхувати з бункера.

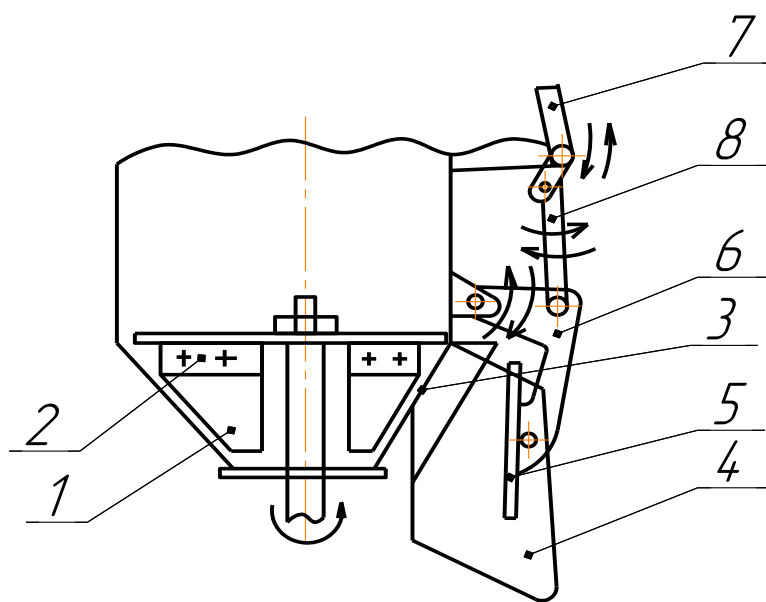


Рисунок 3.2 – Механізм вивантаження: 1 – скребок; 2 – кутик;

3 – вивантажувальний отвір; 4 – лоток; 5 – засувка; 6 – кронштейн; 7 – ручка вивантажувача; 8 – тяга

Ми вирішили використовувати гуму як матеріал для скребоків завдяки її високим еластичним властивостям, що дозволяють точно повторювати контури бункера. Це не тільки покращує очищення, але й знижує ризик пошкодження скребоків та забезпечує більш рівномірне обертання диска, уникнення заклинювання подрібненої маси між скребками та стінками бункера.

Механізм відкриття вивантажувального отвору зазвичай застосовується для приготування рідких кормів, але він також важливий під час подрібнення коренеплодів. Після завершення роботи необхідно заповнити бункер водою для вимивання хімічно активного клітковинного соку. Ця система складається з

заслінки 5, що переміщується за допомогою коромисла 6, яке шарнірно прикріплене до бункера та приводиться в дію через тягу 8 вивантажувальною ручкою 7.

Подрібнювач складається з диска, на якому розташовані гребінчасті ножі в продовговуватих отворах, закріплені за допомогою гвинтів. Ножі на диску встановлені так, щоб зменшити пряму силу різання, забезпечуючи тим самим косий різ. Диск подрібнювача кріпиться на валу на шпонці і фіксується гайкою. Подрібнювач обертається разом з валом, а ножі зрізують шар коренеплодів. В бункері встановлена протирізальна пластина, що запобігає обертанню коренеплодів разом із подрібнювачем.

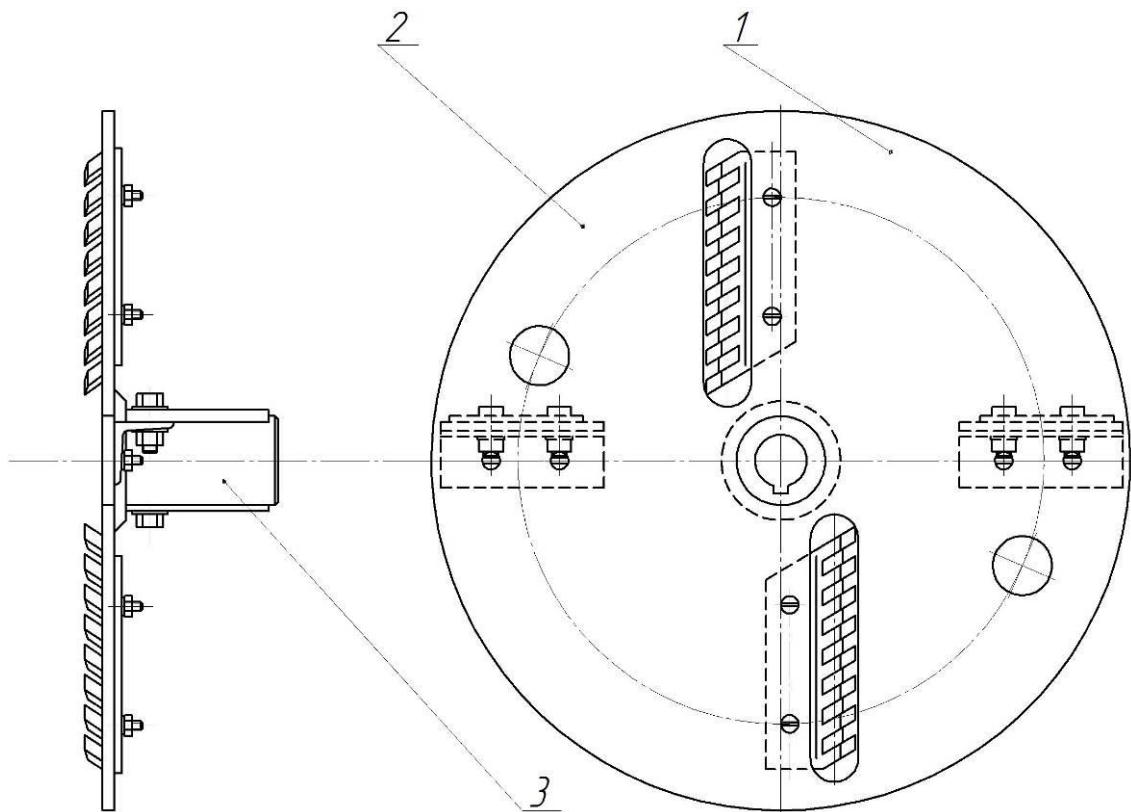


Рисунок 3.3 – Подрібнювач: 1 – диск; 2 – ніж; 3 – вал робочого органу

В даній машині використовується привід на основі клинопасової передачі, який оптимізований для забезпечення потрібної частоти обертання різних робочих органів, необхідної для ефективного технологічного процесу, на який це обладнання розраховане. Щоб досягти двох рівнів регулювання частоти

обертання вала робочого органу, шків у клинопасовій передачі також виготовлені двоступінчастими з варіацією в діаметрі (рис. 3.4).

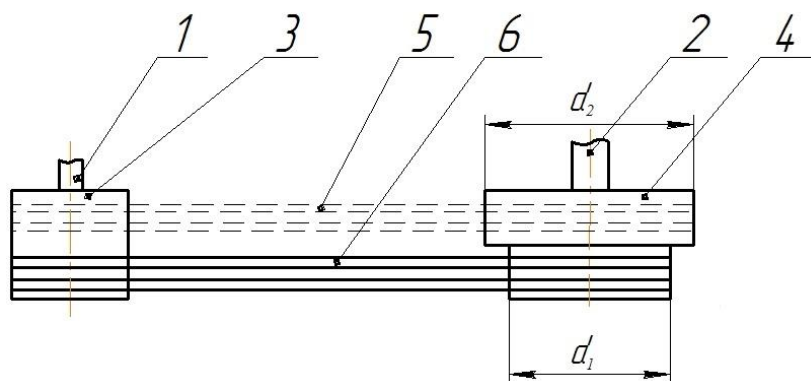


Рисунок 3.4 – Схема клинопасової передачі: 1, 2 – вали; 3, 4 – шків; 5 – розміщення пасів для подрібнювача; 6 – розміщення пасів для ротора

Принцип роботи корморізки моделі КПК-0,5Ф полягає в наступному. Після вимкнення електродвигуна знімається сітка з кришки бункера і через отвір у цій кришці завантажується порція коренеплодів для подрібнення. Оскільки дно бункера оснащено різальним апаратом, процес подрібнення розпочинається відразу. Подрібнені матеріали проходять через отвори в диску, після чого скребок виносить їх за межі бункера, направляючи у лоток та через заслінку – в підставлену тару. Коли тара заповнюється, заслінку можна закрити для заміни тари.

3.2. Технологічні розрахунки машини та робочих органів.

Визначимо параметри ножа від яких залежить товщина різки. Величину c (рис. 3.5) встановлюємо розглянувши зоотехнічні вимоги, й для всіх тварин $k=5$ мм.

Тоді

$$c=a+v+k=5+8+5=8 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Так як лезо ножа змістилося відносно радіальної лінії на величину вильоту l , а форма ножа має гребінчасту форму, то вирізи ножа треба робити не перпендикулярно до леза, а під деяким кутом, щоб усунути можливість заклинення матеріалу між вирізами, (рис. 3.6).

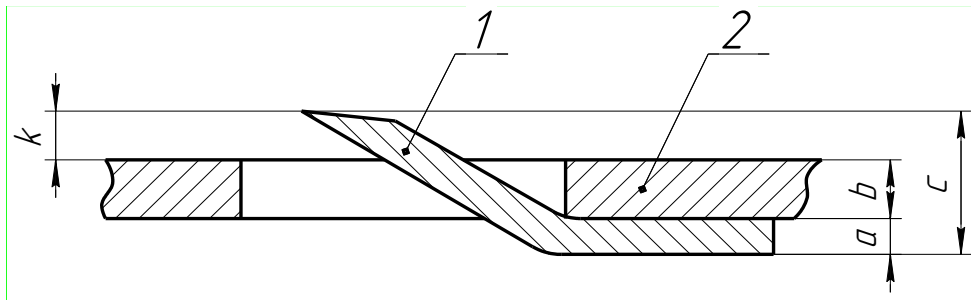


Рисунок 3.5 – Параметри ножа: 1 – зуб; 2 – диск; k – виступ зуба (товщина різки);
 a – товщина ножа; b – товщина диска; c – величина ножа

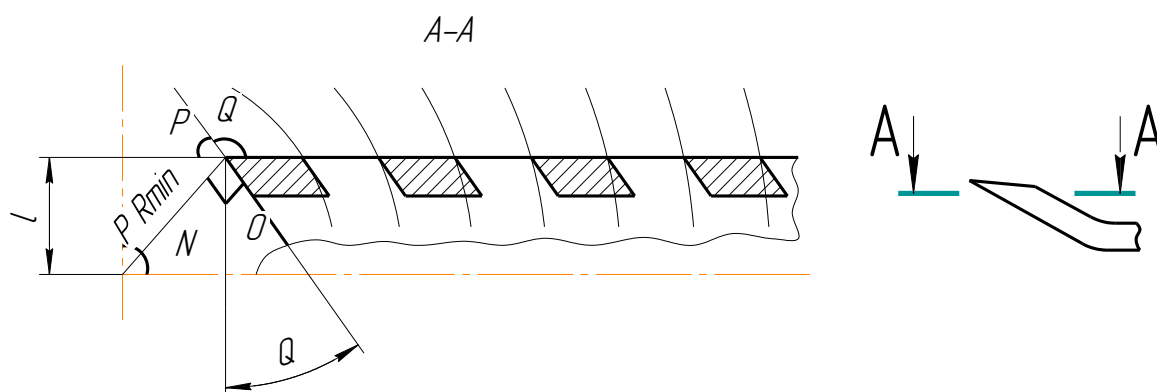


Рисунок 3.6 – Форма ножа в перерізі

З рис. 3.5 знаходимо кут вирізів

$$P = \arccos(l / R_{\min}) . \quad (3.2)$$

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

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

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

Коли прорізи нарізані під таким кутом, то ножі , розташовані ближче до вісі обертання, працюватимуть без заклинення, а розташовані далі від вісі заклинюватимуть. Визначаємо кут θ для умови, що $R = R_{\max}$, тоді згідно формули (3.1) і (3.2)

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

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

Звідки знаходимо середнє значення

$$\theta_{\text{сер}} = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2}, \quad (3.3)$$

де $\theta_{\max}, \theta_{\min}$ - значення кутів, відповідно максимальне та мінімальне.

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

Приймаємо на основі виконаних розрахунків $\theta_{\text{сер}} = 30^{\circ}$.

Визначаємо силу на різання. В такому випадку сила буде витрачатись на різання по лезу ножа та на процес зсуву.

Згідно рекомендацій опір коренеплодів різанню лезом (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Опір коренеплодів різанню лезом

Товщина стружки, мм	картопля	буряк	редька
5	0,75	1,0	0,95

В подальших розрахунках вибираємо опір різанню для буряка – 1,0 кг/пог. см. Тоді сила різання

$$P = P_{\text{різ}} \cdot L, \quad (3.4)$$

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

L – довжина леза, м.

$$L = L_{\text{вир}} \cdot n, \quad (3.5)$$

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

n – кількість гребінок на різальному диску, шт.

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

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

Сила, необхідна для процесу зсуву визначаємо за формулою

$$F = \sigma \cdot S, \quad (3.6)$$

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

S – площа, на якій відбувається руйнування, см^2 .

Площу руйнування визначаємо з умови, що на початку матеріал буде стискатись до деякого значення, а потім руйнуватиметься. Граничне стискання до руйнування для буряку – 40-55%. То при товщині стружки $h = 5 \text{ мм}$, $a = 0,55 h$, (рис. 3.7).

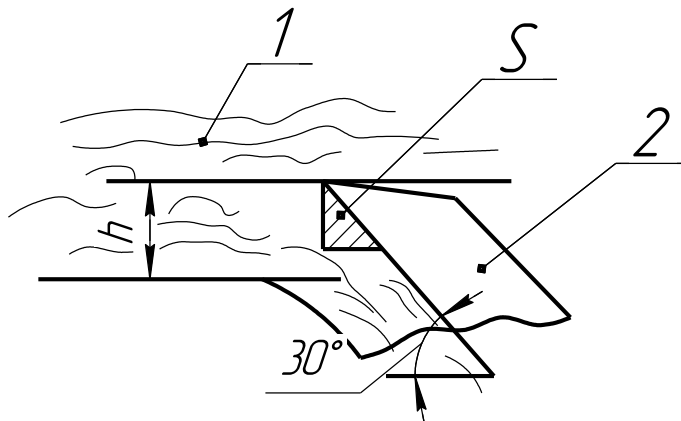


Рисунок 3.7 – Визначення площі руйнування для буряків:

1 – подрібнений матеріал; 2 – ніж

$$a = 0,55h, \quad (3.7)$$

де h – товщина стружки, см.

Згідно (рис. 3.8)

$$S = \frac{1}{2} a \cdot b. \quad (3.8)$$

$$b = 0,55h \text{ctg} 30^\circ. \quad (3.9)$$

Тоді

$$S = \frac{1}{2} 0,55h \cdot 0,55h \operatorname{ctg} 30^0. \quad (3.10)$$

$$S = \frac{1}{2} 0,55 \cdot 0,5 \cdot 0,55 \cdot 0,5 \operatorname{ctg} 30^0 = 0,065 \text{ см}^2.$$

Тоді сила різання $F = 105 \cdot 0,065 = 6,83 \text{ Н}$. Площ, по яких відбувається зсув, тридцять дві, то на диск діє сила

$$F_p = F \cdot 32. \quad (3.11)$$

$$F_p = 6,83 \cdot 32 = 218,6 \text{ Н}.$$

Розміщення скребок розраховуємо з умови, щоб зрізаний матеріал попадав на скребку (рис. 3.8)

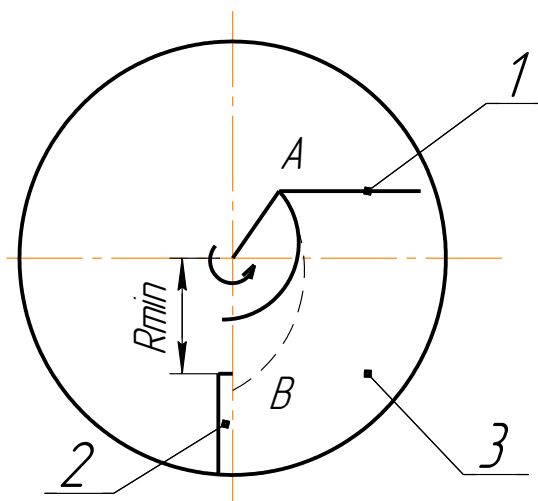


Рисунок 3.8 – Схема для розрахунку розташування скребок:

1 – ніж; 2 – скребка; 3 – диск; $R_{\min}$ – мінімальний радіус ножа;

$R_{\min.скр.}$ – мінімальний радіус розташування скребок

Процес вивантаження буде відбуватися тоді, коли частка матеріалу, злетівши з леза ножа $R_{\min}$ потрапляє на скребку. Для чого необхідно, щоб частка мала швидкість

$$V = \omega R_{\min}. \quad (3.12)$$

$$k = R_{\text{min.кр.}} \cdot R_{\text{min}} . \quad (3.13)$$

Знайдемо ту відстань k^1 , яку частка здатна пройти за 1/4 оберта.

$$k^1 = \omega \cdot R_{\text{min}} \cdot t , \quad (3.14)$$

де ω – кутова швидкість руху частки, 1/с.

$$\omega = \frac{\pi n}{30} , \quad (3.15)$$

де t – час 1/4 оберта, с

$$t = \frac{60}{4 \cdot n} , \quad (3.16)$$

де n – частота обертання, об/хв.

Після перетворень, отримаємо

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

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

Для того, щоб процес відбувався задовільно, необхідно виконання умови $k < k^1$, тому

$$R_{\text{min.кр.}} = k^1 + R_{\text{min}} .$$

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

Приймаємо $R_{\text{min.кр.}} = 0,12 \text{ м.}$

Для забезпечення процесу різання над різальним ножом закріплюємо, протирізальну пластину. Її форму вибираємо такою, щоб грані були паралельні ножам (рис. 3.9). Висоту приймаємо такою, щоб була більше довжину коренеплоду, приймаємо $h = 30 \text{ мм.}$

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Продуктивність корморізки складе

$$Q = 60n \cdot F \cdot b \cdot z \cdot \gamma \cdot k \cdot k_{зб}, \quad (3.17)$$

де Q – продуктивність корморізки, кг/год;

n – частота обертання різального диска, об/хв;

F – площа, яку описують ножі за один оберт, м².

$$F^1 = \pi(R_{\max}^2 - R_{\min}^2). \quad (3.18)$$

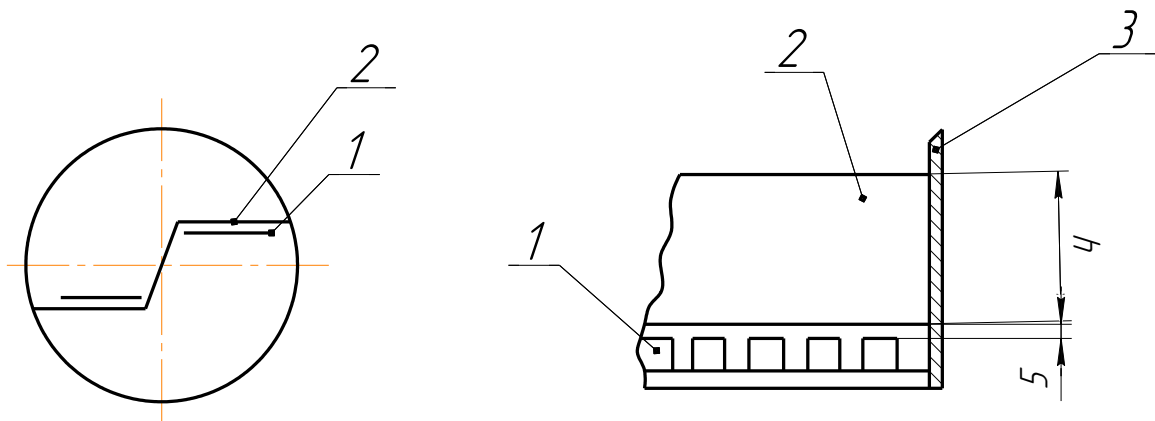


Рисунок 3.9 – Схема розташування протирізальної пластини:

1 – ніж; 2 – протирізальна пластина; 3 – бункер

Так як фактична площа за рахунок вирізів менша в половину, то

$$F = \pi(R_{\max}^2 - R_{\min}^2) / 2, \quad (3.19)$$

де $R_{\max}, R_{\min}$ – радіуси розташування ножів, відповідно максимальний і мінімальний.

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

b – товщина стружки, м;

z – кількість ножів, шт.;

γ – питома вага коренеплодів, кг/м³. (для буряків - $\gamma=301$ кг/м³);

k – коефіцієнт використання ножів;

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

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

Отримана із розрахунків продуктивність трохи більше за задану, тому продуктивність подрібнювача $Q = 0,5$ т/год, буде забезпечена.

3.3. Кінематичний розрахунок.

Для нормального проходження технологічного процесу корморізка повинна забезпечувати дві частоти обертання. Для подрібнення коренеплодів $n_{pk} = 3500$ об/хв.; для приготування рідких сумішей $n_{bp} = 500$ об/хв. Для приводу корморізки обираємо електродвигун з частотою обертання 720 об/хв., з потужністю 3,5 кВт, марка 4A112MB843. Необхідне передаточне відношення

$$U = \frac{n_{ed}}{n}, \quad (3.20)$$

де n_{ed} – частота обертів електродвигуна, об/хв.;

n – частота обертання валу коренерізки, об/хв.

а) приготування рідких розчинів

$$U_{bp} = \frac{720}{350} = 1,41.$$

б) режим коренерізки

$$U_{kp} = \frac{720}{350} = 2,05.$$

Згідно рекомендацій приймаємо діаметр меншого шківів - $d_{pmin} = 125$ мм.

Діаметри другого шківів

$$d_{p2} = d_{pmin} \cdot U(1 - E), \quad (3.21)$$

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

а) режим приготування рідких сумішей

$$d_{p2bp} = 125 \cdot 1,41(1 - 0,02) = 171,5 \text{ мм};$$

б) режим коренерізки

$$d_{p2kp} = 125 \cdot 2(1 - 0,02) = 245 \text{ мм}.$$

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Згідно ДСТУ 17383:2008 приймаємо стандартні шків з діаметром $d_{p2\delta p} = 180$ мм; $d_{p2\kappa p} = 250$ мм. Фактичне передаточне відношення

$$U_{\phi} = \frac{d_{p2\delta p\phi}}{d_{p\min}(1-E)} \cdot \quad (3.22)$$

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

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

Уточнюємо частоту обертання

$$n^1 = \frac{n_{e\partial}}{U_{\phi}} , \quad (3.23)$$

де U_{ϕ} – фактичне передаточне відношення.

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

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

Отримані частоти обертання знаходяться в допустимих межах $n_{\kappa p} = 350 \pm 10$, $n_{\delta p} = 500 \pm 20$ об/хв.

Визначаємо лінійну швидкість паса

$$U_n = \frac{\pi d_{n\min}}{60000} \quad (3.24)$$

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

Кінематичні параметри різального апарата

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

а) кутова швидкість

$$\omega_{pk} = \frac{\pi n_{kp}^1}{30} \quad (3.25)$$

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

б) лінійна швидкість ножа

$$V = \frac{\pi \cdot R \cdot n_{kp}^1}{30000}, \quad (3.26)$$

де R – радіус обертання ножа, мм;

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

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

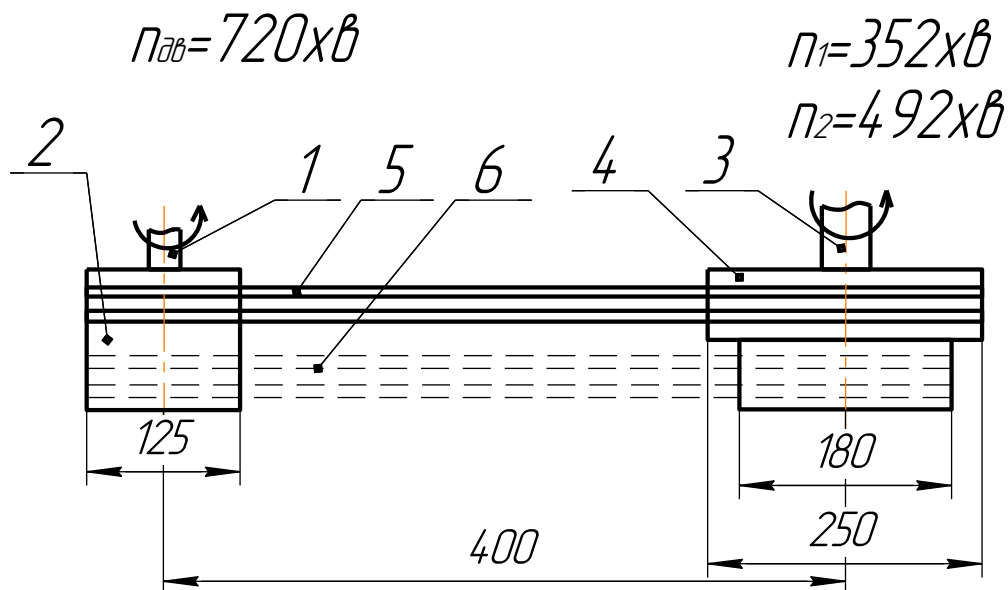


Рисунок 3.10 – Кінематична схема механізму приводу: 1 – вал електродвигуна; 2 – ведучий шків; 3 – вал робочого органу; 4 – ведучий шків; 5, 6 – положення пасів при $n=352$ об/хв. і $n=492$ об/хв.

3.4. Розрахунок вала приводу на міцність.

Для розрахунку вала на міцність будемо розрахункову схему вала (рис. 3.11).

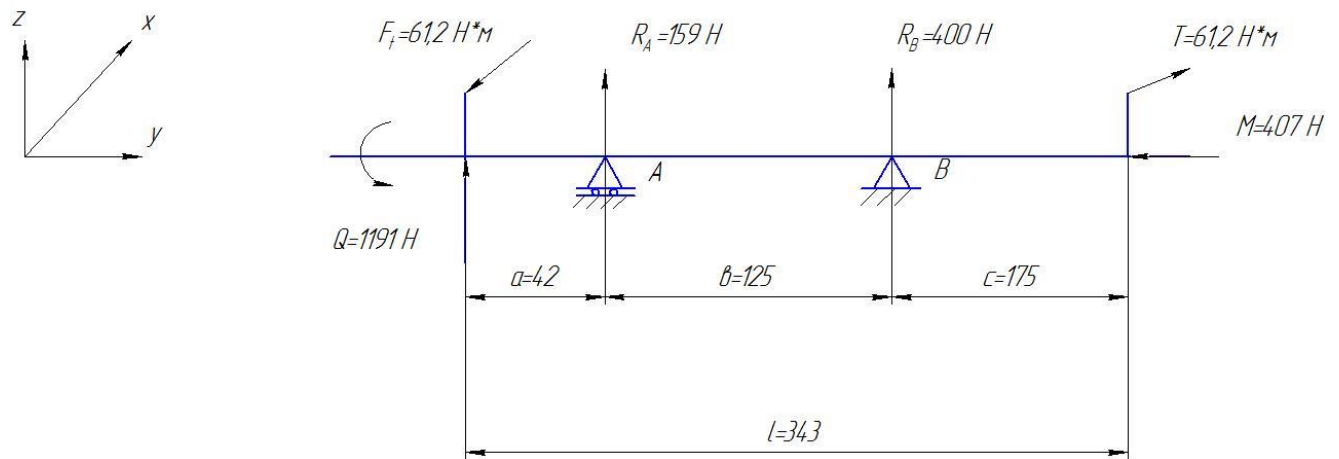


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема вала.

Знайдемо момент T , який передається від різального диску на вал приводу

$$T = F_{\partial} \cdot R_{сер} + F_{тр} \cdot \frac{D}{2}, \text{Нм} \quad (3.27)$$

де F_{∂} – сила різання, прикладена до центру ножа, Н ($F_{\partial}=378\text{Н}$);

$R_{сер}$ – плече прикладання сили $F_{тр}$, м.

$$R_{сер} = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2} + R_{\min} \quad (3.28)$$

де $R_{\max}$, $R_{\min}$ – радіуси обертання ножа, відповідно максимальний і мінімальний, м;

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

де $F_{тр}$ – сила тертя, Н ($F_{тр}=40,8\text{ Н}$);

$D/2$ – радіус дії сили тертя, м.

$$T = 378 \cdot 0,135 + 40,8 \cdot \frac{0,5}{2} = 61\text{Нм}$$

Момент $T = -T$, так як це момент приводу, який використовується різальним апаратом.

Реакції в опорах

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$\sum M_A = 0 \quad Q \cdot 42 - R_B \cdot 125 = 0 \quad (3.29)$$

$$\sum M_B = 0 \quad Q \cdot (42 + 125) + R_A \cdot 125 = 0 \quad (3.30)$$

Звідки

$$R_B = \frac{Q \cdot 42}{125}, \text{ Н.} \quad (3.31)$$

$$R_A = -\frac{Q \cdot (42 + 125)}{125}, \text{ Н.} \quad (3.32)$$

$$R_B = \frac{1191 \cdot 42}{125} = 400,2 \text{ Н.}$$

$$R_A = -\frac{1191 \cdot (42 + 125)}{125} = -1591,2 \text{ Н.}$$

Будуємо епюри згинальних моментів та крутних моментів, (рис. 3.11).

Визначаємо приведений момент сил

$$M_{np} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + (\alpha T)^2} \quad (3.33)$$

де $M_{\text{зг}}$ – момент згинальних сил, Н·м (рис. 3.10);

T – крутний момент, Н·м;

α – коефіцієнт, що враховує різницю в характеристиках циклів навантаження згину та кручення.

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} \quad (3.34)$$

де $[\sigma_{-1}]$ – допустиме знакозмінне напруження, МПа, ($[\sigma_{-1}] = 55$);

$[\sigma_0]$ – допустиме пульсуюче напруження, МПа, ($[\sigma_0] = 95$).

$$\alpha = 55/95 = 0,57.$$

$$\alpha = 55/95 = 0,57.$$

$$M_{npA} = \sqrt{50^2 + (0,57 \cdot 61,2)^2} = 60,96 \text{ Нм.}$$

В інших точках визначаємо аналогічно й будуємо епюру приведених моментів.

Максимальний розрахунковий діаметр вала

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ПП}}}{0,1[\sigma_{-1}]}} \text{ мм.} \quad (3.35)$$

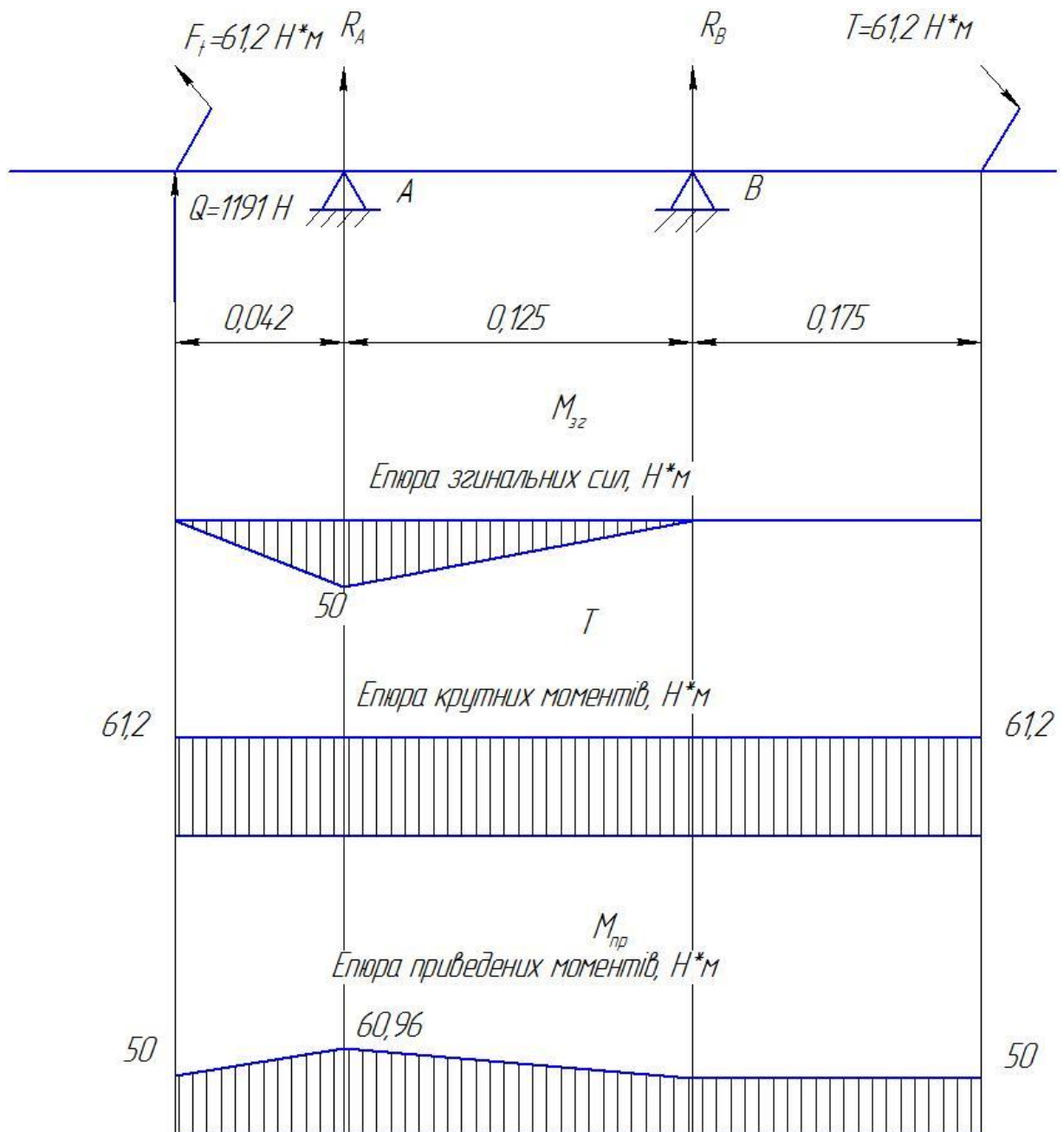


Рисунок 3.11 – Епюри крутних та згинальних моментів.

$$d = \sqrt[3]{\frac{60,96 \cdot 1000}{0,1 \cdot 55}} = 22 \text{ мм.}$$

Мінімальний діаметр вала $\varnothing 30 \text{ мм}$.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРА 00.000 ПЗ

Арк.

37

Отже так як $22 < 30$, то умова міцності вала виконується, розрахунковий діаметр вала менший за спроектований.

3.5. Висновки по розділу.

При виконанні кваліфікаційної роботи було обґрунтовано основні технологічні параметри та режими роботи корморізки в режимі подрібнення та приготування рідких сумішей.

Проведені розрахунки показали, що удосконалена корморізка покращує якість виконання технологічного процесу як при подрібненні коренеплодів так і при приготуванні рідких кормових сумішей. Її конструкція досить проста в експлуатації, дозволяє вільно встановлювати запропоновані робочі органи без переоснащення, відповідає чинним зоотехнічним вимогам. Отже удосконалена машина є конкурентоздатною і придатною для використання.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4. ОХОРОНА ПРАЦІ.

4.1. Аналіз ризиків виникнення небезпечних і шкідливих факторів під час виконання робіт корморізкою.

Виконання робіт корморізкою може включати різноманітні ризики, які можуть впливати на здоров'я та безпеку працівників. Типові ризики, які слід враховувати при аналізі наступні.

Ризик ураження рухомими частинами та обертовими деталями (як механізм очищення та привод), наприклад, втрату пальців або травми кінцівок.

Високий рівень шуму на робочому місці оператора, зумовлений роботою приводного механізму. Підвищена вологість повітря в робочій зоні оператора, що може впливати на комфорт та здоров'я працівника.

Небезпека ураження електричним струмом при доторканні до струмопровідних частин для обслуговуючого персоналу.

Під час роботи з корморізкою може виникати пожежний ризик, особливо якщо оброблюваний матеріал є легко запальним або вибуховим. Пожежна небезпека може виникнути через коротке замикання або порушення правил пожежної безпеки.

Вплив шкідливих речовин, таких як паливо-мастильні матеріали, що використовуються під час технічного обслуговування, наприклад, Солідол Ж-СКа 2/6-2.

Під час роботи з корморізкою можуть виникати ситуації, коли матеріали можуть перекинутися або випасти, що може призвести до травм працівників.

Деякі матеріали, які обробляються корморізкою, можуть містити небезпечні речовини, які можуть випаровуватися або утворювати пил, що може бути шкідливим для дихальних шляхів працівників.

Довготривала робота з корморізкою може призвести до ергономічних проблем, таких як травми через напруження або перенапруження м'язів. Корморізка повинна мати стійку конструкцію, щоб уникнути аварій, таких як злам частин машини або падіння конструкцій.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Недостатня підготовка операторів корморізки або відсутність навчання з питань охорони праці можуть призвести до нещасних випадків.

4.2. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на машині.

Рівень шуму на робочому місці виконання робіт та в зоні оператора відповідає вимогам ДСТУ 2189-93. Організаційно-технічні заходи щодо зменшення впливу шуму на операторів регламентовані в технічних умовах та відповідають санітарним нормам. Температура поверхонь, що оточують постійне робоче місце оператора, не перевищує 35⁰. Розміщення елементів на робочому місці та розміри зон моторного поля відповідають вимогам технічних регламентів для забезпечення комфортної робочої позиції та виконання необхідних дій з управління. Загальна кількість рухів оператора на хвилину не перевищує 10.

Кольорове оформлення та фарбування відповідають наступним вимогам:

- загальний колір машини відрізняється від загального фону приміщення;
- зовнішні поверхні машини, що перебувають у полі зору оператора, покриті матовою фарбою, що створює відблисків на робочому місці;
- кольори деталей машини та поверхні панелей пульта управління контрастують з загальним кольором машини.

Організація машини відповідає вимогам стандартів з урахуванням зручності доступу, безпеки під час монтажу, експлуатації, обслуговування і технічного обслуговування. Робочі органи, які можуть забиватися, легко доступні для очищення. Привод обладнаний засобами аварійної зупинки. Пристрої для змащення розташовані таким чином, щоб забезпечити безпечний та зручний доступ, а у важкодоступних місцях змащення використовують одноразове мастило.

Корморізка оснащена системою передпускової сигналізації, а електропривод і електрообладнання відповідають вимогам ПУЕ з урахуванням мікроклімату у приміщенні. Електрична схема має захист від перевантаження і короткого замикання, а захист від ураження електричним струмом включає захисне вимикання і занулення. Огородження механізмів, які потребують огляду,

налагодження або ремонту, забезпечені надійною фіксацією та блокуванням приводу при відкритих робочих органах.

Попереджувальна сигналізація заблокована з системою запуску машини, що генерує звуковий сигнал тривалістю 15 секунд, після чого автоматично відключається. Повторний запуск після екстреної зупинки можливий лише після повернення її в початкове положення.

4.3. Інструкція з охорони праці при виконанні робіт корморізкою.

Перш ніж розпочати роботу з корморізкою, пройдіть навчання з її безпечного використання. Ознайомтеся з інструкцією по експлуатації та технічними характеристиками корморізки.

Завжди носіть відповідний особистий захист: захисні окуляри, чутливі до шуму навушники або наголовний засіб, рукавиці та захисний одяг.

Перед використанням корморізки перевірте її на наявність пошкоджень або відсутність частин. Не використовуйте пошкоджену або неправильно працюючу корморізку.

Переконайтеся, що робоче місце чисте від перешкод та інших перешкод. Забезпечте належне освітлення.

Завжди зосереджуйте увагу на роботі корморізки. Уникайте роботи з корморізкою у вологому середовищі або при поганій видимості.

Уникайте різкого натискання на ручки корморізки. Поступово підвищуйте тиск для кращого контролю над різкою.

Після закінчення роботи відключіть корморізку від джерела живлення та зачекайте, поки обладнання повністю зупиниться перед тим як робити будь-які ремонтні чи роботи по налагодженню.

Після використання зберігайте корморізку в безпечному місці, недоступному для дітей або некваліфікованих осіб.

Проводьте регулярне технічне обслуговування та перевірки корморізки для запобігання виникненню непередбачених ситуацій.

Завжди дотримуйтесь інструкцій та зберігайте уважність під час роботи з корморізкою, щоб уникнути травм та нещасних випадків.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Навчіться користуватися екстреною зупинкою (кнопкою безпеки) на корморізці та надайте персоналу інструкції щодо дій у випадку аварійної ситуації.

4.4. Заходи по зниженню шуму та вібрації.

Для зменшення шуму та вібрації в даній роботі пропонується приводний двигун встановити на гумові віброізолятори.

Розрахунок віброізоляторів виконаємо з квадратним поперечним перерізом.

Вихідні дані:

- маса двигуна з приводом - $Q_m=165$ кг;
- частота обертання приводу - $n=720$ об/хв.
- кількість віброізоляторів - $N=4$ шт.

Матеріал віброізоляторів вибираємо – поліхлоропреновий каучук типу 604-1, для якого статичний модуль пружності – $E_{cm}=8,95 \cdot 10^4$ Н/м²; густина $\rho=1,46 \cdot 10^3$ кг/м³; коефіцієнт втрат $K=0,45$.

Визначаємо загальну розрахункову площу віброізоляторів за формулою

$$S_p = \frac{Q \cdot q}{[\sigma]}, \quad (4.1)$$

де q – прискорення вільного падіння, м/с²;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу, Н/м²; (для поліхлоропренового каучуку - $[\sigma]=4,420 \cdot 10^4$ Н/м²).

$$S_p = \frac{165 \cdot 9,81}{4,42 \cdot 10^4} = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

Поперечний розмір віброізолятора

$$A_p = \sqrt{\frac{S_p}{N}}, \quad (4.2)$$

де N – кількість віброізоляторів, шт.

$$A_p = \sqrt{\frac{3,7 \cdot 10^{-2}}{4}} = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Розмір віброізолятора приймаємо - $A_{\phi}=0,1$ м, Тоді загальна площа всіх віброізоляторів

$$S_{\phi} = A_{\phi} \cdot N. \quad (4.3)$$

$$S_{\phi} = 0.1^2 \cdot 4 = 0,04 \text{ м}^2.$$

Частота коливань корморізки

$$f = \frac{n}{60} \quad (4.4)$$

$$f = \frac{720}{60} = 12 \text{ Гц.}$$

Частота коливань системи корморізка-віброізолятор

$$f_o = 0,5 \sqrt{\frac{E \cdot S_{\phi}}{h \cdot Q \cdot q}}, \quad (4.5)$$

де h – висота віброізолятора, м.

$$h = \frac{A_{\phi}}{4} \quad (4.6)$$

$$h = \frac{0,1}{4} = 0,025 \text{ м.}$$

$$f_o = 0,5 \sqrt{\frac{8,95 \cdot 10^4 \cdot 0,04}{0,025 \cdot 165 \cdot 9,81}} = 8,85 \text{ Гц.}$$

Визначаємо коефіцієнт відношення частот за формулою

$$\psi = \frac{f}{f_o}. \quad (4.7)$$

$$\psi = \frac{12}{8,85} = 1,36.$$

Ефективність роботи віброізоляторів забезпечується

$$\psi < 3.$$

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Гранична частоту вібрації

$$f_{ep} = f_o \sqrt{2}. \quad (4.8)$$

$$f_{ep} = 8,85\sqrt{2} = 12,5 \text{ Гц.}$$

Зниження рівня вібрації на граничній частоті

$$\Delta l_1 = 40 \cdot \lg \frac{2 \cdot f_{ep}}{f_o}. \quad (4.9)$$

$$\Delta l_1 = 40 \cdot \lg \frac{2 \cdot 12,5}{8,85} = 18,1 \text{ дБА.}$$

4.5. Заходи з пожежної профілактики.

Корморізка оновлена до вимог ДСТУ ISO 6309:2007, враховує пожежну безпеку. Передбачено встановлення первинних засобів пожежогасіння біля розміщення корморізки. Місця для них легко доступні, забезпечують швидке їх використання протягом 8 секунд без додаткових пристроїв.

Пускова апаратура і двигун мають ступінь захисту 1Р44 (СУ1), що виключає пожежу при роботі в приміщеннях 5-ої категорії. Техніка зберігається з урахуванням правил пожежної безпеки. У комплекті знаходиться вогнегасник марки ОП-5 (1 шт) та санітарна лопата.

4.6. Висновки по розділу.

Після аналізу ризиків виникнення потенційно небезпечних та шкідливих факторів, було розроблено низку заходів з метою зниження їх до рівня, що відповідає стандартам безпеки праці. Ці заходи спрямовані на запобігання виникненню небезпечних ситуацій та аварій. Розроблено конкретні заходи з безпечної експлуатації приводу. Вони передбачають впровадження необхідних заходів безпеки та процедур для мінімізації ризиків під час роботи з електроприводом. Завдяки проведеним заходам можна зробити висновок, що удосконалена корморізка відповідає всім необхідним стандартам охорони праці та може бути впроваджена у виробництво.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В конструкцію корморізки були внесені зміни, які після удосконалення дозволяють виконувати дві операції: подрібнення коренеплодів і приготування рідких сумішей. В результаті запропонованих змін маса машини підвищилась на 19,5 кг, потужність приводу на 0,5 кВт. За рахунок розширення універсальності суттєво збільшилося завантаження. Проведені зміни дозволили зменшити час на технічне обслуговування на 32 хв. за робочу зміну.

Вихідні дані для розрахунків техніко-економічного рівня та економічної ефективності удосконаленої корморізки наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники порівнюваних машин

Найменування показників	Один. виміру	Машина	
		Базова	Удосконалена
1	2	3	4
1. Тип машини		стаціонарна	
2. Маса машини	кг	180	195,5
3. Маса покупних виробів	кг	10,2	10,2
4. Оптова ціна машина	грн.	36 200	
5. Собівартість машини	грн.	13 650	
6. Вартість покупних виробів у собівартості машини	грн.	1920	1920
7. Продуктивність на приготуванні:			
- кормів	кг/год	500	500
- рідкої суміші		-	320
8. Коефіцієнт використання часу зміни –			
- робочого		0,76	
- експлуатаційного		0,7	

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
9. Нормативне річне завантаження:			
- приготування кормів	год	410	410
- приготування рідкої кормової суміші		-	1150
10. Кількість комплектувань оригінальних деталей, розроблених в процесі удосконалення	шт.		12
11. Середньогодинна заробітна плата			
- оператора	грн	52,6	52,6
- конструктора (технолога)		56,5	56,5
12. Кількість найменувань деталі в корморізці всього у тому числі:			
- оригінальних	шт.	36	48
- стандартних		31	41
		5	7
13. Кількість деталей в корморізці	шт.	54	62
14. Норми відрахувань на:			
- реновацію	%	15,0	15,0
- ремонт та техогляд		8,0	8,0
15. Потужність двигуна	кВт	3,0	3,5
16. Середньорічна програма випуску корморізок	шт.		400

Виробник і споживач удосконаленої машини можуть отримати значний позитивний економічний ефект за рахунок розширення універсальності корморізки, що свідчить про ефективність конструкторських розробок, які виконані в кваліфікаційній роботі. Тому ці розробки доцільно рекомендувати до впровадження у виробництво.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Ефективне вирішення завдання з виробництва продукції тваринництва передбачає необхідність розширення виробничих потужностей для приготування кормів, що є складним етапом у процесі виробництва. Поточні машини для приготування кормів не відповідають потребам невеликих фермерських господарств через свою велику продуктивність і вартість.

2. Для подрібнення коренеплодів використовуються ножі різних форм: з прямим або гребінчастим лезом, а також лопаткові. Лопаткові ножі подрібнюють коренеплоди у вигляді тонких смужок, перевага полягає в тому, що вони ріжуть, а не розривають коренеплоди, як це роблять ножі з гребінчастим лезом.

3. Під час різання коренеплодів не відбувається помітного ковзання по поверхні різання, що сприяє збереженню цілісності продукту.

4. Довжина подрібнених смужок коренеплодів l залежить від їх товщини h та кута різання, і практично не змінюється від швидкості різання або товщини ножа. Різання коренеплодів відбувається за принципом "рубка" при використанні різця, подібного до клина.

5. Значна частина опору під час різання залежить від опору різанню та деформації зрізаного шару, в той час як невелика частка опору визначається швидкістю різання.

6. Проведені розрахунки показали, що удосконалена корморізка покращує якість виконання технологічного процесу як при подрібненні коренеплодів так і при приготуванні рідких кормових сумішей. Її конструкція досить проста в експлуатації, дозволяє вільно встановлювати запропоновані робочі органи без переоснащення, відповідає чинним зоотехнічним вимогам. Отже удосконалена машина є конкурентоздатною і придатною для використання.

7. Після аналізу ризиків виникнення потенційно небезпечних та шкідливих факторів, було розроблено низку заходів з метою зниження їх до рівня, що відповідає стандартам безпеки праці. Ці заходи спрямовані на запобігання виникненню небезпечних ситуацій та аварій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дослідження двосекційного змішувача для приготування збалансованих сумішей на фермах ВРХ / Р.В. Кісільов, В.С. Хмельовський, П.Г. Лузан, І.П. Сисоліна // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук. праць. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. Вип. 50. URL: http://zborniksgm.kntu.kr.ua/archive/50/50_Kisilyov.html
2. 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. Bannyi // Серия «Физика». № 1(97)/2020. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. ISSN 2518-7198 (Print). ISSN 2663-5089 (Online). <https://physics-vestnik.ksu.kz/apart/2020-97-1/14.pdf>.
3. 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>.
4. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини.— 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
5. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
6. Герасимчук В.Г., Розенплентер А.Е. Економіка та організація виробництва. Київ: Знання, 2007. 678 с.
7. 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://zborniksgm.kntu.kr.ua/archive/52.html>
8. Кісільов Р.В., Лузан П.Г., Мачок Ю.В. та ін. Дослідження процесу приготування кормових сумішей для ВРХ комбінованим змішувачем.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2014. Вип. 44. С. 20-24.

9. Кісільов Р.В., Лузан П.Г., Сисоліна І.П., Лузан О.Р. Вдосконалення конструкції дозатора кормів грабельного типу. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: ЦНТУ, 2019. Вип. 49.

10. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. Дослідження бітерних штифтових барабанних дозаторів грубих і соковитих кормів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 42, (Частина І). С. 55-60.

11. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. Дослідження технологічної ефективності змішування кормів двоступеневим одновальним комбінованим змішувачем періодичної дії. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2013. Вип. 43, (Частина ІІ). С. 108-113.

12. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. Енергетичний аналіз роботи комбінованого стрічково-лопатевого змішувача кормів для ВРХ. Інноваційний потенціал української науки - ХХІ сторіччя: ХХ-а, ювілейна наук.-практ. інтернет конф., 20-28 квітня. тез. допов.: інтелект-портал Nauka.zinet.info, 2013. Режим доступу до інтелект-порталу <http://nauka.zinet.info>

13. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. Ідентифікація теоретичної моделі процесу приготування повноцінної вологої кормової суміші на основі експериментальних досліджень. “Розвиток накових досліджень’ 2012”: Матеріали восьмої міжнародної науково-практичної конференції, м. Полтава, 19-21 листопада 2012 р.: Полтава: Вид-во «ІнтерГрафіка», 2012. Т. 11. С. 42-44.

14. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. Результати експериментальних досліджень приготування повноцінної кормової суміші для ВРХ вдосконалим лопатевим змішувачем кормів. Наук. вісник ЛНАУ. Серія: Технічні науки. Луганськ, 2012. №41. С. 119-127.

15. Кісільов Р.В., Лузан П.Г., Шепілова Т.П. Математична модель динамічної

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

системи силової взаємодії лопатей змішувача з монолітом суміші. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Вип. 31, березень 2015 р. С. 95-100.

16. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. та ін. Аналіз конструктивно-технологічних і кінематичних параметрів змішувачів кормів для ВРХ. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2011. Вип. 41, (Частина II). С. 167-173.

17. Кісільов Р.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. Вдосконалення процесу змішування кормів і обладнання для його реалізації. Сучасні проблеми землеробської механіки: матеріали XIII міжнар. наук.-практ. конф., 17-19 жовт. 2012 р., м. Вінниця / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ВНАУ, 2012. С. 55-56.

18. Матвеев К.Д., Шмат С.І. Визначення типорозміру і потреби сушильних агрегатів при проектуванні потокових ліній приготування трав'яного борошна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук. праць. Кіровоград: КДТУ, 2003. Вип. 33. С. 369-372.

19. Матвеев К.Д., Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаюча технологія приготування трав'яного борошна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2006. Вип. 36. С. 90-93.

20. Матвеев К.Д., Шмат С.І., Лузан П.Г. Обґрунтування геометричних і кінематичних параметрів гвинтових лопатевих змішувачів кормів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук. праць. Кіровоград: КДТУ, 2001. Вип. 30. С. 51-57.

21. Матвеев К.Д., Лузан П.Г., Кісільов Р.В. та ін. Обґрунтування параметрів лопатей комбінованого стрічково-лопатевого змішувача кормів. Вип. 21. Том I. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. С. 279-288.

22. Матвеев К.Д., Лузан П.Г., Кісільов Р.В. та ін. Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи лопатевої мішалки. Конструювання, виробництво та

експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2010. Вип. 40, (Частина І). С. 173-178.

23. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України / За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2006. 304 с.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. Роговий В.Д., Скляр О.Г. Посібник по курсовому та дипломному проектуванню з механізації виробництва продукції тваринництва. Мелітополь: ТДАТА, 1997. 260 с.

28. Сало В.М. Шмат С.І., Лузан П.Г. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом. Задачі земледельческой механики в ХХІ веке: сб. материалов конф. Междунар. научн.-техн. интернет конф., 2-10 ноября 2011 г. Дослідницьке: Мелітополь, 2011. С. 61–65. URL: www.tsaa.org.ua.

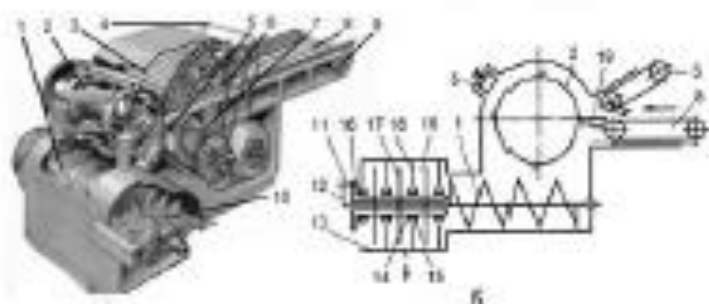
29. Сидоренко В.В., Матвеев К.Д., Лузан П.Г. та ін. Підвищення ефективності та якості роботи дозаторів грубих і соковитих кормів. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2008. Вип. 21. С. 288-292.

30. 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.

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

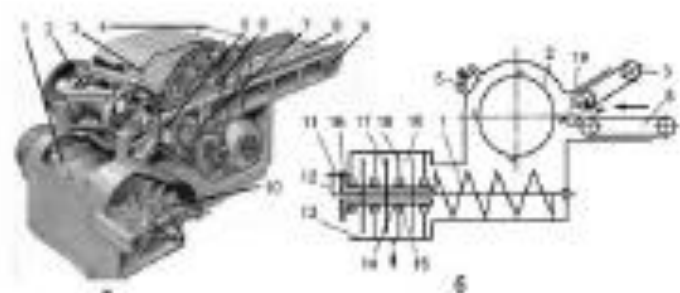
ДОДАТКИ

					КРА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

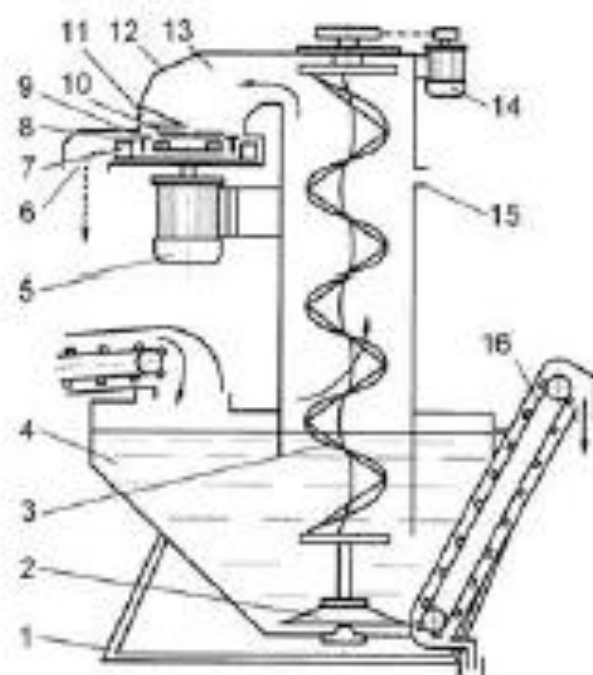


Детальна будова (а) та функціональна схема (б) підвішеної ленточно-бункерної машини 1 - шнек, 2 - нахилний бункер, 3 - горизонтальний конвеєр, 4 - нахилний конвеєр, 5 - ленточний конвеєр, 6 - ленточний конвеєр, 7 - ленточний конвеєр, 8 - ленточний конвеєр, 9 - ленточний конвеєр, 10 - ленточний конвеєр, 11 - шнек, 12 - шнек, 13 - шнек, 14 - шнек, 15 - шнек, 16 - шнек, 17 - шнек, 18 - шнек, 19 - шнек

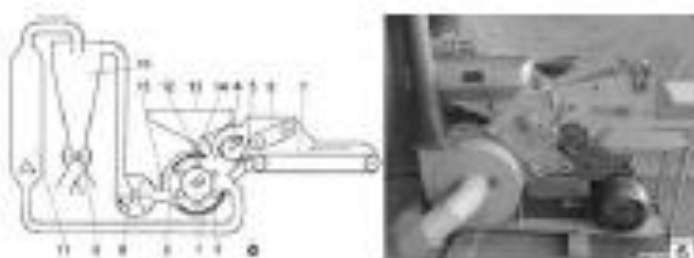
Детальна будова (а) та функціональна схема (б) підвішеної машини МН-32Б 1 - горизонтальний конвеєр, 2 - шнек нахилний конвеєр, 3 - ленточний конвеєр, 4 - ленточний конвеєр, 5 - ленточний конвеєр, 6 - ленточний конвеєр, 7 - ленточний конвеєр, 8 - ленточний конвеєр, 9 - ленточний конвеєр, 10 - ленточний конвеєр, 11 - ленточний конвеєр, 12 - ленточний конвеєр, 13 - ленточний конвеєр, 14 - ленточний конвеєр, 15 - ленточний конвеєр, 16 - ленточний конвеєр, 17 - ленточний конвеєр, 18 - ленточний конвеєр, 19 - ленточний конвеєр



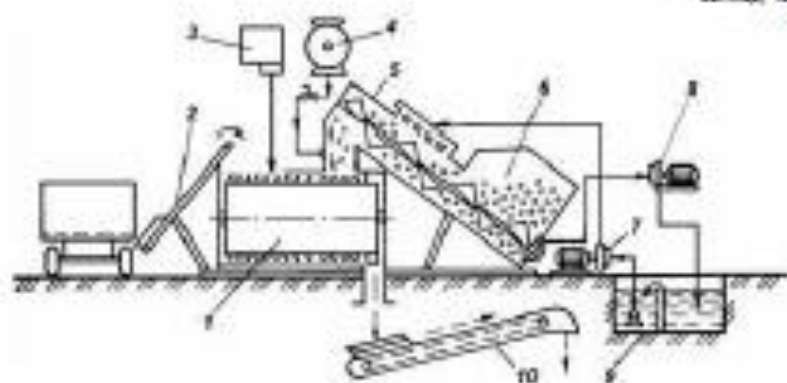
Функціональна схема (а) та детальний вигляд (б) підвішено-ленточно-бункерної машини МН-34 1 - горизонтальний конвеєр, 2 - ленточний конвеєр, 3 - ленточний конвеєр, 4 - ленточний конвеєр, 5 - ленточний конвеєр, 6 - ленточний конвеєр, 7 - ленточний конвеєр, 8 - ленточний конвеєр, 9 - ленточний конвеєр, 10 - ленточний конвеєр, 11 - ленточний конвеєр, 12 - ленточний конвеєр, 13 - ленточний конвеєр, 14 - ленточний конвеєр, 15 - ленточний конвеєр, 16 - ленточний конвеєр, 17 - ленточний конвеєр, 18 - ленточний конвеєр, 19 - ленточний конвеєр



Функціональна схема підвішеної машини МН-В-В 1 - ленточний конвеєр, 2 - ленточний конвеєр, 3 - ленточний конвеєр, 4 - ленточний конвеєр, 5 - ленточний конвеєр, 6 - ленточний конвеєр, 7 - ленточний конвеєр, 8 - ленточний конвеєр, 9 - ленточний конвеєр, 10 - ленточний конвеєр, 11 - ленточний конвеєр, 12 - ленточний конвеєр, 13 - ленточний конвеєр, 14 - ленточний конвеєр, 15 - ленточний конвеєр, 16 - ленточний конвеєр, 17 - ленточний конвеєр, 18 - ленточний конвеєр, 19 - ленточний конвеєр



Функціональна схема (а) / детальний вигляд (б) машини МН-3 1 - ленточний конвеєр, 2 - ленточний конвеєр, 3 - ленточний конвеєр, 4 - ленточний конвеєр, 5 - ленточний конвеєр, 6 - ленточний конвеєр, 7 - ленточний конвеєр, 8 - ленточний конвеєр, 9 - ленточний конвеєр, 10 - ленточний конвеєр, 11 - ленточний конвеєр, 12 - ленточний конвеєр, 13 - ленточний конвеєр, 14 - ленточний конвеєр, 15 - ленточний конвеєр, 16 - ленточний конвеєр, 17 - ленточний конвеєр, 18 - ленточний конвеєр, 19 - ленточний конвеєр



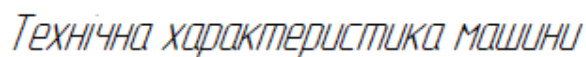
Функціональна схема ленточно-бункерної машини МН-34 1 - ленточний конвеєр, 2 - ленточний конвеєр, 3 - ленточний конвеєр, 4 - ленточний конвеєр, 5 - ленточний конвеєр, 6 - ленточний конвеєр, 7 - ленточний конвеєр, 8 - ленточний конвеєр, 9 - ленточний конвеєр, 10 - ленточний конвеєр, 11 - ленточний конвеєр, 12 - ленточний конвеєр, 13 - ленточний конвеєр, 14 - ленточний конвеєр, 15 - ленточний конвеєр, 16 - ленточний конвеєр, 17 - ленточний конвеєр, 18 - ленточний конвеєр, 19 - ленточний конвеєр

АРМ 000000 ННТ			
№	Вид	Вид	Вид
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			КРА 00.000	Корморізка універсальна		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРА 01.000	Рама	1	
		2	КРА 02.001	Бункер	1	
		3	КРА 02.000	Механізм вивантаження	1	
		4	КРА 03.001	Кришка в зборі	1	
		5	КРА 03.002	Решітка	1	
		6	КРА 05.000	Різальний диск	1	
		7	КРА 09.000	Колесо	2	
				<u>Деталі</u>		
		8	КРА 00.435	Противорізкальна	1	
				пластина		
		9	КРА 00.436	Кришка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Болт М8х25.56	7	
				ДСТУ 7798:2008		
		11		Болт М12х50.56	18	
				ДСТУ 7798:2008		
		12		Гайка М8-6Н.5	7	
				ДСТУ 5915:2008		
				КРА 00.000		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КОРМОРИЗКА УНІВЕРСАЛЬНА КПК-0,5Ф	
Розроб.	Гришин					
Перевірів						
Н. контр.						
Затв.						
					Літера	Лист
						1
					Листів	3
					ЦНТУ, ар. ГМ-22М-1.2	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
		13		Гайка М12-6Н.5		
				ДСТУ 5915:2008	18	
		14		Гайка М24-6Н.5		
				ДСТУ 5916:2008	1	
		15		Шайба 8.65 Г		
				ДСТУ 6402:2008	7	
		16		Шайба 12.65 Г		
				ДСТУ 6402-70	18	
		17		Шайба 24.65 Г	1	
				ДСТУ 6402-70		
		18		Шайба 8.01.05		
				ДСТУ 11371-78	18	
		19		Шайба 12.01.05		
				ДСТУ ГОСТ 11371:2008	18	
		20		Шайба 24.01.05		
				ДСТУ 11371:2019	1	
		21		Гвинт А2М4х18.58.019	6	
				ДСТУ 17475:2019		
		22		Гвинт АМ6-6gx30.8		
				ДСТУ ГОСТ 1491:2008	1	
		23		Шплінт 5х71		
				ДСТУ ГОСТ 397:2019	2	
		24		Прес-маслянка з перехідним штуцером		
				ДСТУ 19853:2008	1	
		25		Двигун 4А112МВ8УЗ		
				ДСТУ 19523:2019	1	
		26		Пускач ПМЛ222002Б		
				380В ТУ16-536-017:2019	1	
		27		Шнур ПВС 4х1,5	1	1м
				ДСТУ 7399:2009		
		28		Шнур ПРС 4х1,5	1	3м
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	КРА 00.000	
					Лист	
					2	

[illegible]

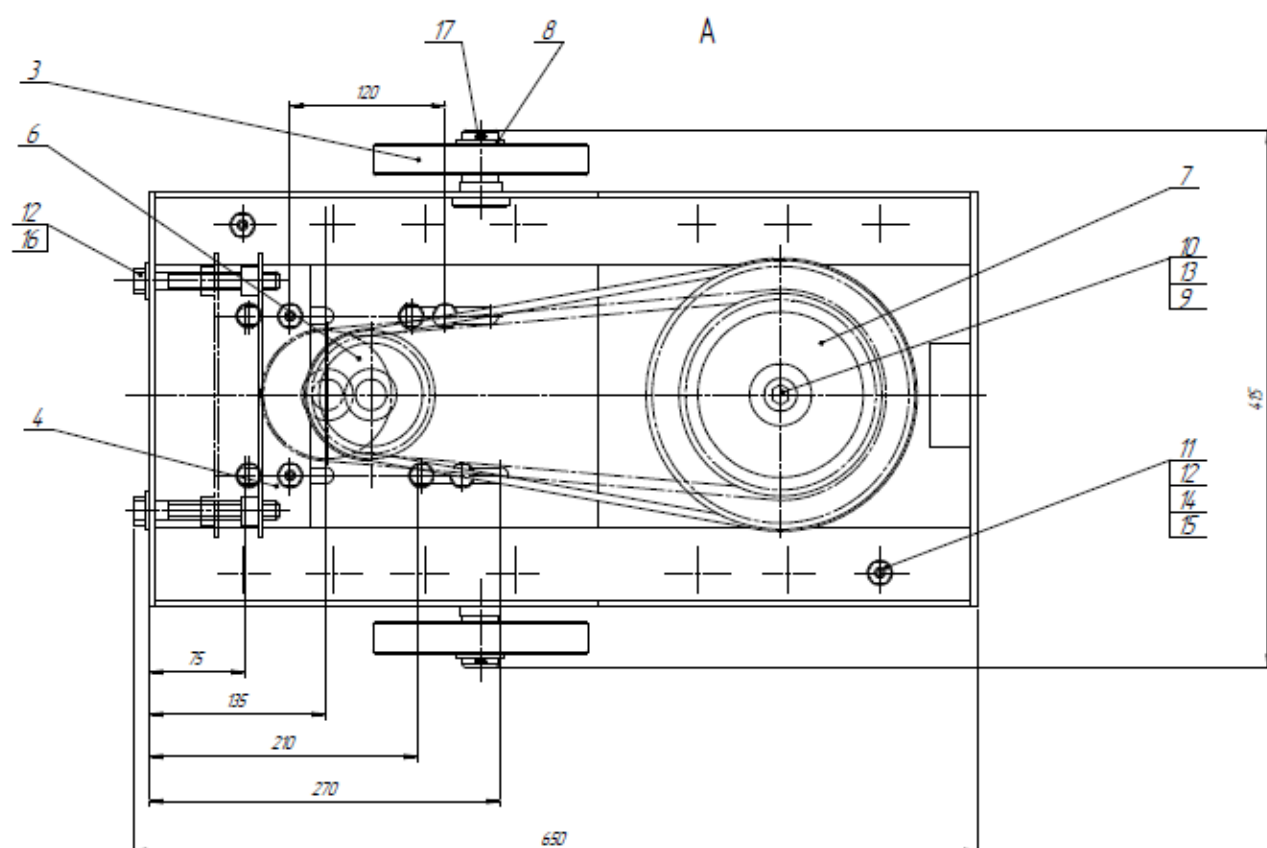
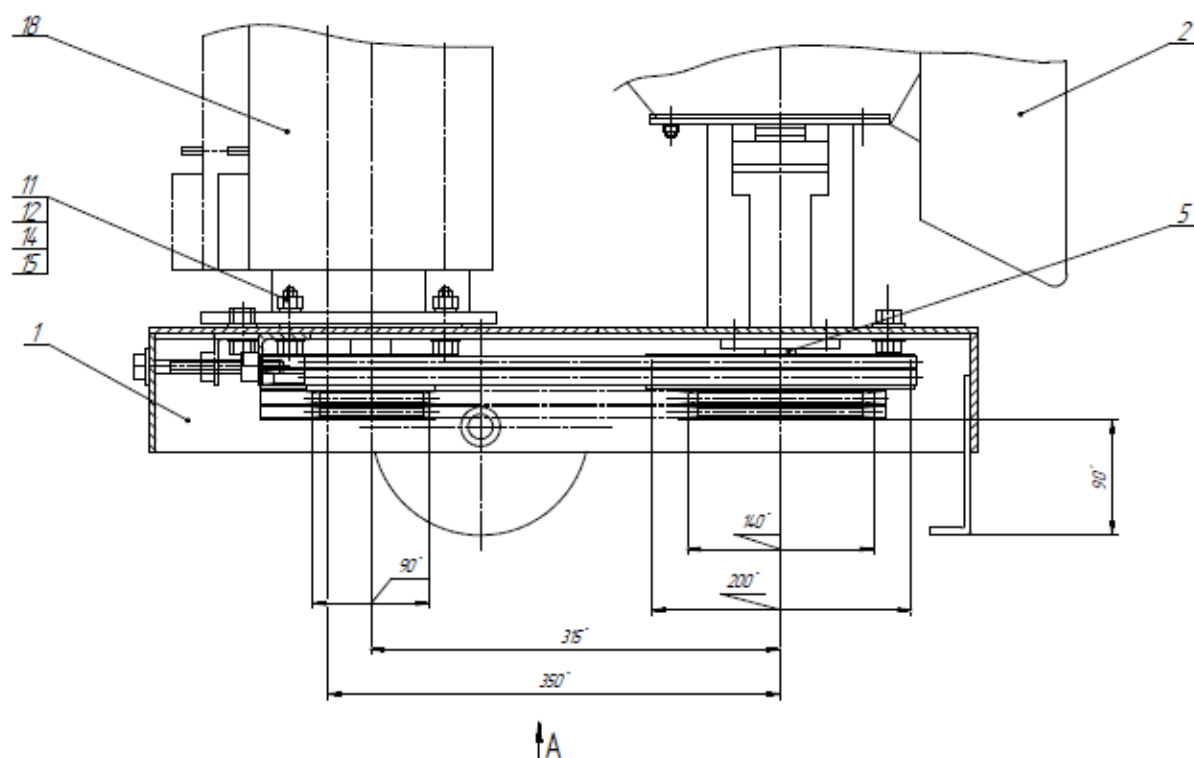


3. Після збирання підшипникавий вузол змастити мастилом Літол 24, ДСТУ 26:2008 за допомогою маслянки, роз. 24

[illegible]

[illegible]

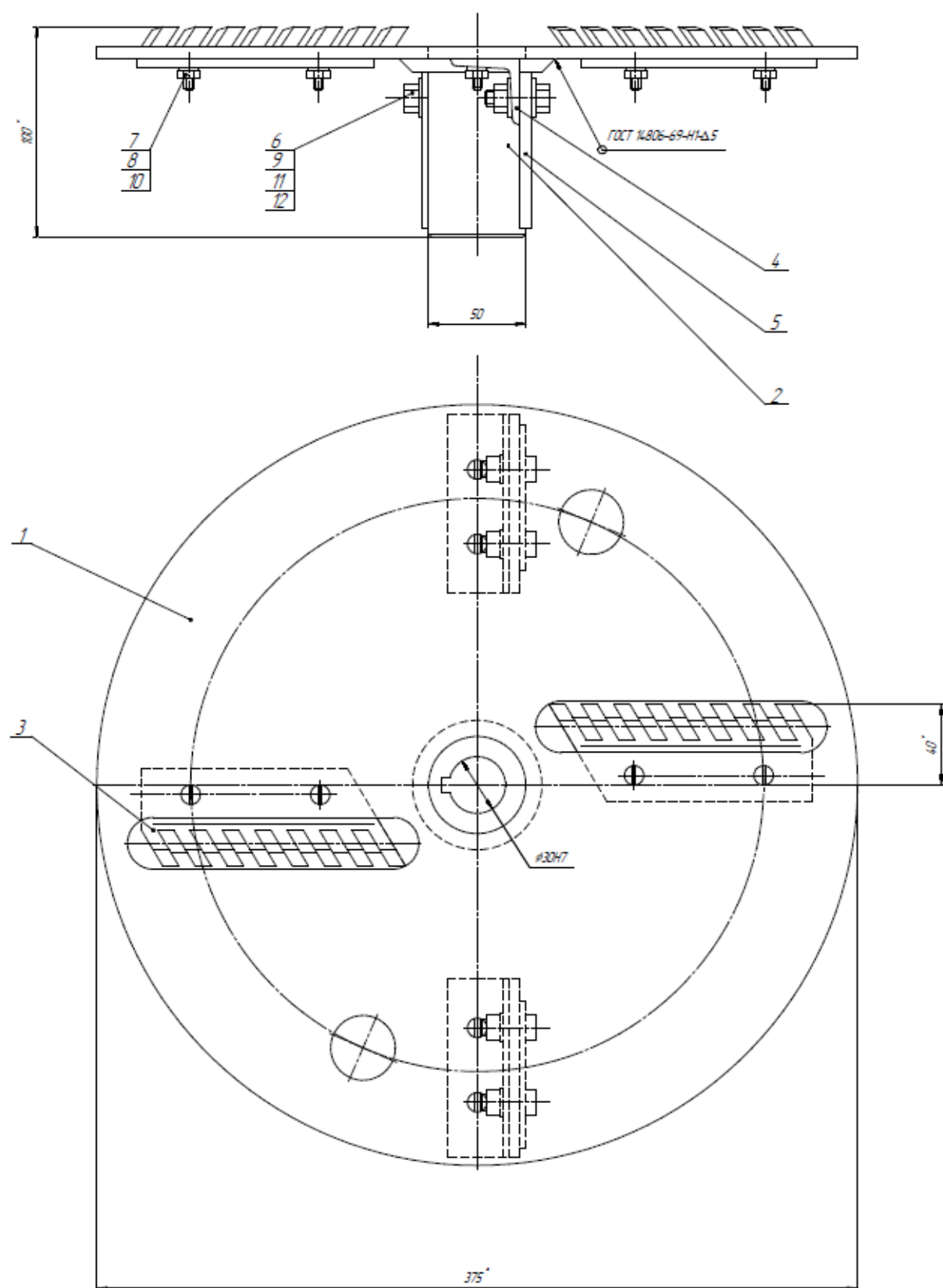
[illegible]



1. Розміри для деталей;
2. Нестійкість валів електродвигуна і робочого органу не більше 0,25 мм;
3. Перекошення валів електродвигуна поз. 18 і робочого органу поз. 5 не більше 30°;
4. Підтяжки пасів виконувати болтами поз. 12;
5. Нераздатки поверхні фарбувати емаллю ПМ-133 ДСТУ 926:2008.

КРА 00.010.05					
Механізм приводу					
Лист	123	125			
Вид	Лист	Лист			
Масштаб	1:1	1:1			
Матеріал	Сталь	Сталь			
Масштаб	1:1	1:1			
Матеріал	Сталь	Сталь			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A1			КРА 00.020	Складальне креслення			
				<u>Деталі</u>			
A3		1	КРА-80.00.601	Диск	1		
A3		2	КРА-80.00.102	Гайка	1		
A3		3	КРА-80.00.103	Ніж	1		
A4		4	КРА-80.00.504	Скребок	2		
A4		5	КРА-80.00.505	Тримач	1		
A4		6	КРА-80.00.505	Планка	2		
				<u>Стандартні вироби</u>			
		7		Болт М6х15 кл. 2-111 ДСТУ 7798:2008	8		
		8		Болт М6х20 кл. 2-111 ДСТУ 7798:2008	4		
		9		Гайка М6 кл. 2-111 ДСТУ 2524:2019	12		
		10		Гайка М16 кл. 2-111 ДСТУ 2524:2008	1		
		11		Шайба 10.65Г ДСТУ 6402:2008	8		
		12		Шайба 12.65Г ДСТУ 6402:2008	12		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРА 00.020 АПАРАТ РІЗАЛЬНИЙ ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2		
Розробив	Гришин						
Перевірів							
Н. контр.							
Затвердив							
					Літера	Аркуш	Аркушів
							1

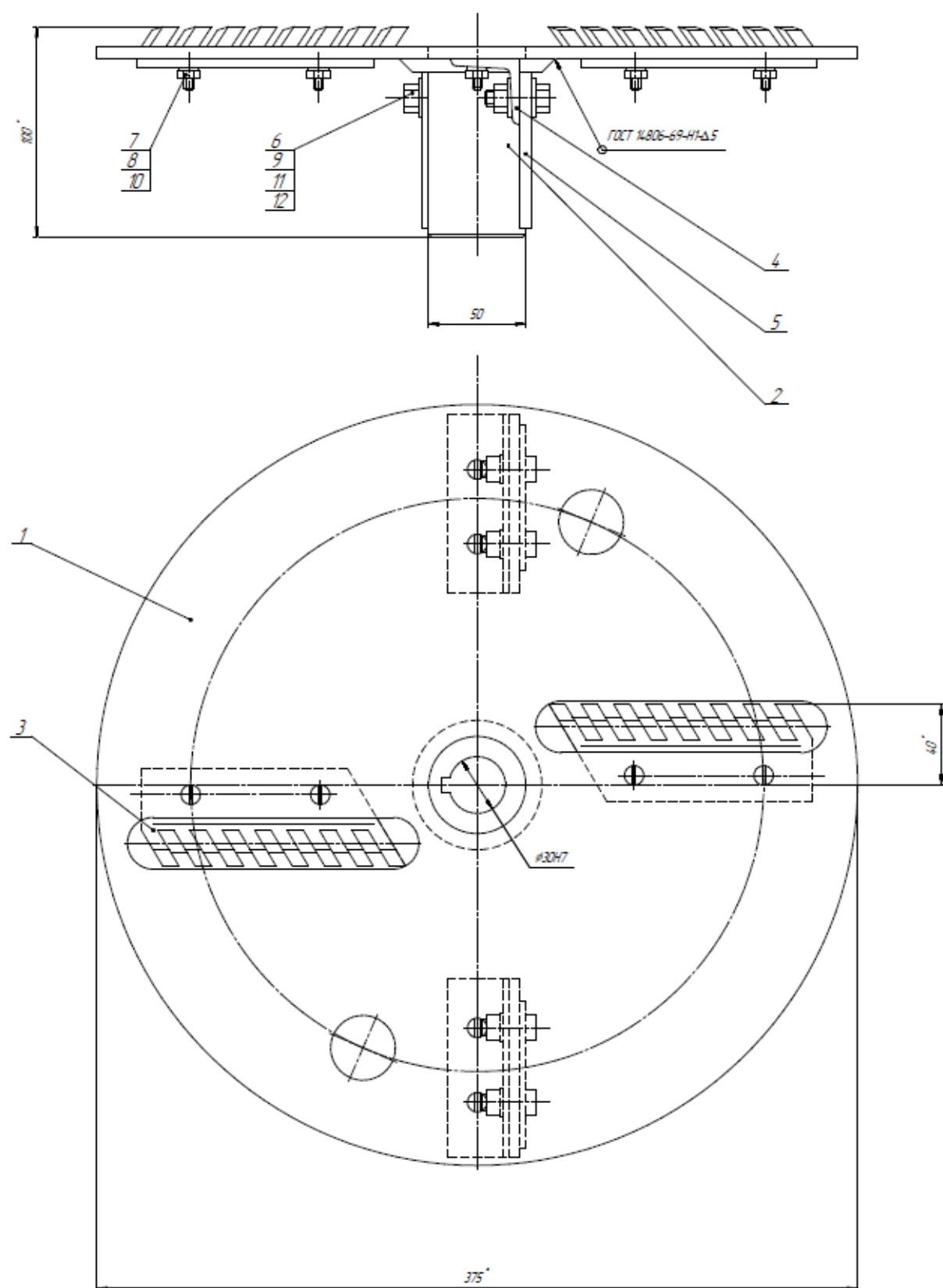


1. Розміри для довідок.
 2. Балансувати статично, відхилення не більше 5 г·м.
 3. Невказані дробичні відхилення Н14, Н14/2, ІТ14/2.

КРА 00020 СБ					
Код	Назва	Матеріал	Кількість	Вартість	Зауваження
10.8	12				
ЦНТУ					
до ПМ-22М-12					
Корпус					

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A1			КРА 00.020	Складальне креслення			
				<u>Деталі</u>			
A3		1	КРА-80.00.601	Диск	1		
A3		2	КРА-80.00.102	Гайка	1		
A3		3	КРА-80.00.103	Ніж	1		
A4		4	КРА-80.00.504	Скребок	2		
A4		5	КРА-80.00.505	Тримач	1		
A4		6	КРА-80.00.505	Планка	2		
				<u>Стандартні вироби</u>			
		7		Болт М6х15 кл. 2-111 ДСТУ 7798:2008	8		
		8		Болт М6х20 кл. 2-111 ДСТУ 7798:2008	4		
		9		Гайка М6 кл. 2-111 ДСТУ 2524:2019	12		
		10		Гайка М16 кл. 2-111 ДСТУ 2524:2008	1		
		11		Шайба 10.65Г ДСТУ 6402:2008	8		
		12		Шайба 12.65Г ДСТУ 6402:2008	12		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРА 00.020 АПАРАТ РІЗАЛЬНИЙ ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2		
Розробив	Гришин						
Перевірів							
Н. контр.							
Затвердив							
					Літера	Аркуш	Аркушів
							1



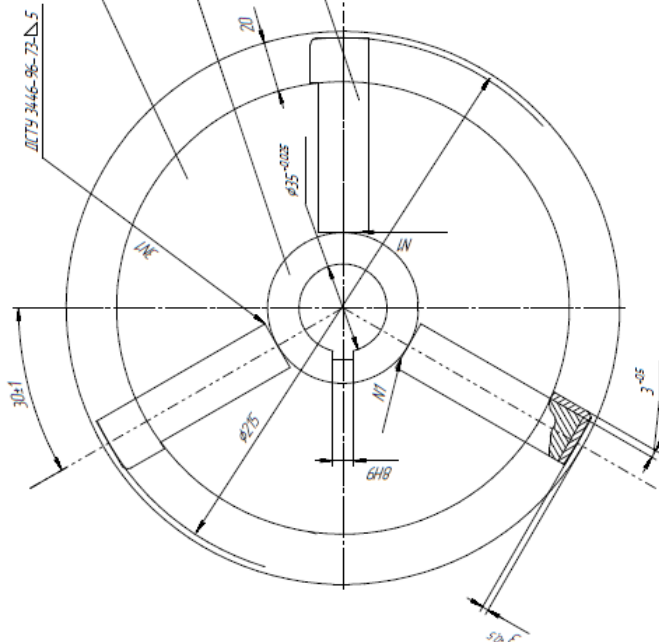
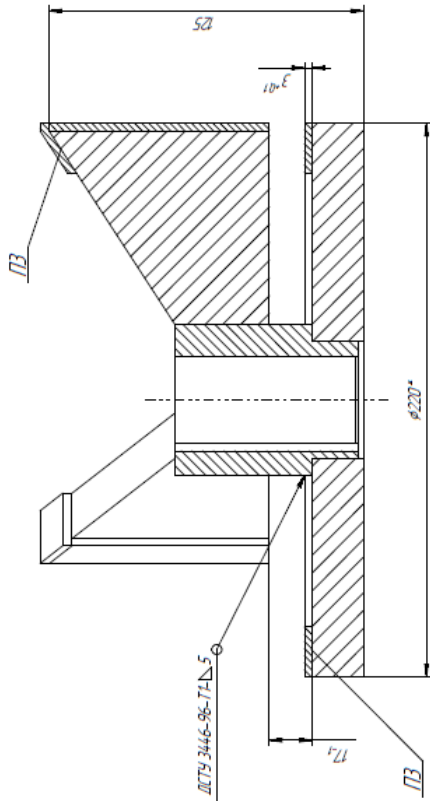
1. Розміри для довідок.
 2. Балансувати статично, відхилення не більше 5 г·м.
 3. Неказані дрітчики відхилення Н14, Н14/2.

КРА 00020 СБ					
Код	Назва	Матеріал	Кількість	Вартість	Всього
1	Апарат різальний	10.8	12		
2	ЦНТУ				
3	до ПМ-22М-12				
4	Корпус				

[illegible]

[illegible]

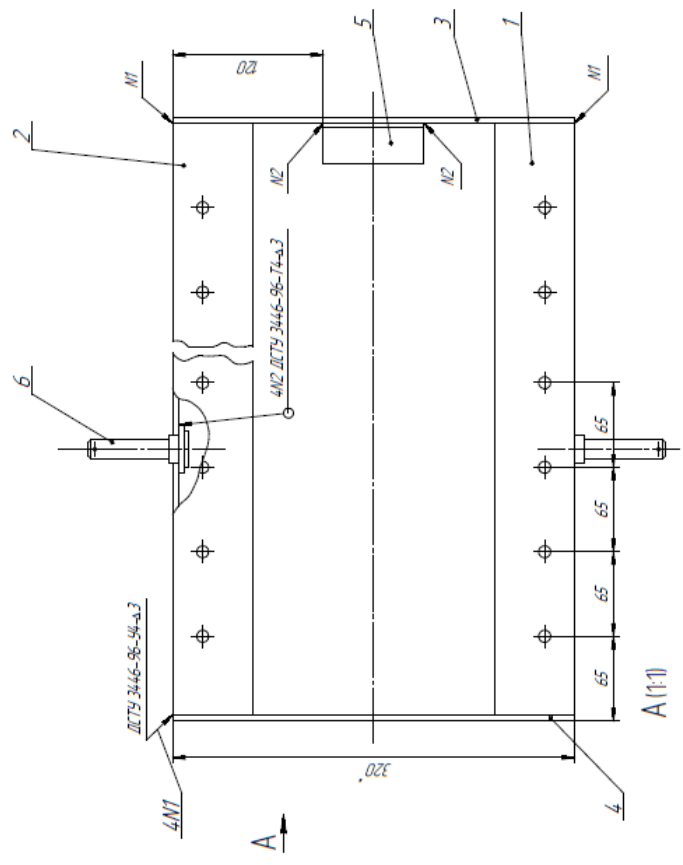
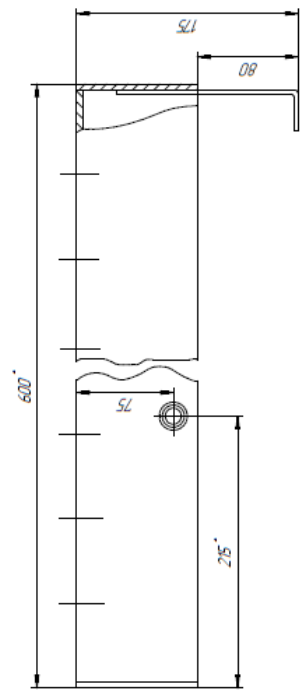
КРА 00.04.0.05



1. Размеры для сборки
2. Неказан роза допусків виконати за ДТ
3. Нормальні допусків виконати виконати 1590 або 1620 ДТ 3446-96
4. Виконати статичну дистанцію не більше 5 зм

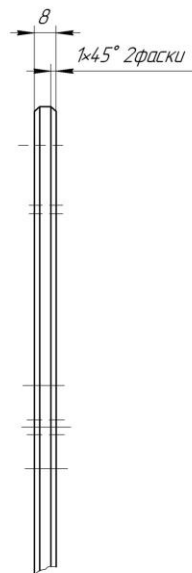
КРА 00.04.0.05			
Деталь	Маса	Матеріал	
1	115	11	
2	115	11	
3	115	11	
4	115	11	
5	115	11	
6	115	11	
7	115	11	
8	115	11	
9	115	11	
10	115	11	
11	115	11	
12	115	11	
13	115	11	
14	115	11	
15	115	11	
16	115	11	
17	115	11	
18	115	11	
19	115	11	
20	115	11	
21	115	11	
22	115	11	
23	115	11	
24	115	11	
25	115	11	
26	115	11	
27	115	11	
28	115	11	
29	115	11	
30	115	11	
31	115	11	
32	115	11	
33	115	11	
34	115	11	
35	115	11	
36	115	11	
37	115	11	
38	115	11	
39	115	11	
40	115	11	
41	115	11	
42	115	11	
43	115	11	
44	115	11	
45	115	11	
46	115	11	
47	115	11	
48	115	11	
49	115	11	
50	115	11	
51	115	11	
52	115	11	
53	115	11	
54	115	11	
55	115	11	
56	115	11	
57	115	11	
58	115	11	
59	115	11	
60	115	11	
61	115	11	
62	115	11	
63	115	11	
64	115	11	
65	115	11	
66	115	11	
67	115	11	
68	115	11	
69	115	11	
70	115	11	
71	115	11	
72	115	11	
73	115	11	
74	115	11	
75	115	11	
76	115	11	
77	115	11	
78	115	11	
79	115	11	
80	115	11	
81	115	11	
82	115	11	
83	115	11	
84	115	11	
85	115	11	
86	115	11	
87	115	11	
88	115	11	
89	115	11	
90	115	11	
91	115	11	
92	115	11	
93	115	11	
94	115	11	
95	115	11	
96	115	11	
97	115	11	
98	115	11	
99	115	11	
100	115	11	

КРА 00.03.0.05



1. Размеры для сборки
2. Неказан роза допусків виконати за ДТ
3. Нормальні допусків виконати виконати 1590 або 1620 ДТ 3446-96
4. Виконати статичну дистанцію не більше 5 зм

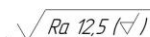
КРА 00.03.0.05			
Деталь	Маса	Матеріал	
1	115	11	
2	115	11	
3	115	11	
4	115	11	
5	115	11	
6	115	11	
7	115	11	
8	115	11	
9	115	11	
10	115	11	
11	115	11	
12	115	11	
13	115	11	
14	115	11	
15	115	11	
16	115	11	
17	115	11	
18	115	11	
19	115	11	
20	115	11	
21	115	11	
22	115	11	
23	115	11	
24	115	11	
25	115	11	
26	115	11	
27	115	11	
28	115	11	
29	115	11	
30	115	11	
31	115	11	
32	115	11	
33	115	11	
34	115	11	
35	115	11	
36	115	11	
37	115	11	
38	115	11	
39	115	11	
40	115	11	
41	115	11	
42	115	11	
43	115	11	
44	115	11	
45	115	11	
46	115	11	
47	115	11	
48	115	11	
49	115	11	
50	115	11	
51	115	11	
52	115	11	
53	115	11	
54	115	11	
55	115	11	
56	115	11	
57	115	11	
58	115	11	
59	115	11	
60	115	11	
61	115	11	
62	115	11	
63	115	11	
64	115	11	
65	115	11	
66	115	11	
67	115	11	
68	115	11	
69	115	11	
70	115	11	
71	115	11	
72	115	11	
73	115	11	
74	115	11	
75	115	11	
76	115	11	
77	115	11	
78	115	11	
79	115	11	
80	115	11	
81	115	11	
82	115	11	
83	115	11	
84	115	11	
85	115	11	
86	115	11	
87	115	11	
88	115	11	
89	115	11	
90	115	11	
91	115	11	
92	115	11	
93	115	11	
94	115	11	
95	115	11	
96	115	11	
97	115	11	
98	115	11	
99	115	11	
100	115	11	



Technical drawing of a mechanical part showing a 120° angle and dimensions $\phi 12$ and $\phi 6,5$.

Technical drawing of a shaft with a diameter of $\phi 40$ and a $2 \times 45^\circ$ chamfer.

						КРА 00.401			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Диск Полоса		Лист	Масса	Масштаб	
Разработ.	Гришин						6,3	1:2,5	
Проект.	Лузан					Лист	Листов	1	
Г. контр.									
Н.контр.	Мачок			Б-6 ДСТУ 8540:2015 ст.3 ДСТУ 7809:2015		ЦНТУ			
Утв.	Лещенко					гр. ГМ-22М-12			
				Копировал		Формат А3			



					КРА 00.602			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Гришин						3,51	1:1
Проб.	Лузан							
Г.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.	Мачок				Круг	В ДСТУ 4738:2007 ЦНТУ		
Утв.	Лещенко					45-Б-ДСТУ 7809:2015 зр. ГМ-22-12		
					Копировал	Формат А3		

