

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф. Ю. Ялпачика

«Допущено до захисту»
протокол № 272-С
від «03» червня 2025 року
Зав. кафедрою ОПХВ
д.т.н, професор
 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг харчових і переробних
виробництв»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступень, ОПП, спеціальність)

на тему: Вдосконалення конструкцій просіювальної машини в умовах ТОВ
"Круп'яний дім" м. Кропивницький Кіровоградської області

19ХВД. .9685297.06.25

Виконав: студент 4 курсу, 41ГМ групи


(підпис)

Єгор Грінько
(прізвище та ініціали)

Керівник:

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Кюрчев С.В.
(прізвище та ініціали)

Консультант з ОП:

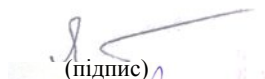
к.с.-г.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Михайло ЗОРЯ
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

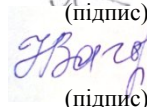
д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Вершков О.О.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет механіко-технологічний
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика

Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ОПХВ
д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК
(підпис) (ініціали та прізвище)

 «28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Грінько Єгор Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкцій просіювальної машини у
ТОВ "Круп'яний дім" Кропивницький, Кіровоградська область

керівник роботи проф. Кюрчев С.В
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 21 » жовтня 2024 р. № 482-С

2. Строк подання студентом роботи « 14 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи асортимент випускаємої продукції в регіоні, об'єми
випуску продукції, вид продукції, вид машини для вдосконалення

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства

2. Вдосконалити конструкцію машини

3. Провести розрахунок вдосконаленої машини

4. Розробити заходи з охорони праці

5. Провести економічну оцінку вдосконалення

6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

Лист 1 – Структурно-апаратна схема виробництва продукції

Лист 2 – Аналіз конструктивних рішень вдосконалення

Лист 3 – Креслення загального виду машини (вузла) до вдосконалення

Лист 4 – Креслення загального виду машини (вузла) після вдосконалення

Лист 5 – Креслення деталей

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		2

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						3
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
IV	к.т.н., доцент Зоря М.В.	31.03.2025	

6. Дата видачі завдання

31.03.2025p.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції машини	травень	
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої машини	травень	
Розділ 4. Охорона праці	червень	
Розділ 5. Економічне обґрунтування проекту	червень	
Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	червень	
Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	червень	

Студент

Гришко
(підпис)

Грінько Є.О

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(nidnuc)

Кюрчев О.О

(ініціали та прізвище)

<i>№ рядка</i>	<i>форма</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл. аркушів</i>	<i>№ прим.</i>	<i>Приміт</i>
<i>Зм.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Аркуш</i>	
					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	
					4	

1.	A4	19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Пояснювальна записка	70		
2.	A1	19ХВД.9685297.06.25/110000	Структурно-апаратна схема виробництва продукції	1	1	
3.	A1	19ХВД.9685297.06.25/210000	Аналіз конструктивних рішень вдосконалення	1	2	
4.	A1	19ХВД.9685297.06.25/220000ВО	Креслення загального виду машини (вузла) до вдосконалення	1	3	
5.	A1	19ХВД.9685297.06.25/310000СБ	Креслення загального виду машини (вузла) після вдосконалення	1	4	
6.	A3	19ХВД.9685297.06.25/310004	Втулка	1	5	
7.	A3	19ХВД.9685297.06.25/310005	Вал робочого органу	1	5	
8.	A3	19ХВД.9685297.06.25/310006	Шнек	1	5	
9.	A1	19ХВД.9685297.06.25/410000	Карта умов праці оператора	1	6	
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						
16.						
17.						
18.						
19.						
20.						
21.						
22.						
23.						
24.						

Підп. і дата						
Інв. №	Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	19ХВД.9685297.06.25ВДП
	Розоб.	Грінько		Грінько		
Інв. №	Перев.	Кюрчев				Вдосконалення конструкцій просіювальної машини в умовах ТОВ "Круп'яний дім" м. Кропивницький Кіровоградської області
	Н.контр	Ялпачик				
Інв. №	Затв.	Самойчук				ТДАТУ, 2025

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуші
						5
Зм.	Аркуші	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	6
1.1. Загальна характеристика ТОВ "Круп'яний дім"	6
1.3. Аналіз обладнання, що використовується у виробництві.....	12
1.4. Обґрунтування необхідності вдосконалення просіювальної машини	16
РОЗДІЛ 2. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОСІЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	19
2.1. Патентний пошук напрямку вдосконалення обладнання.....	19
2.3. Розробка конструкції вдосконаленої просіювальної машини	24
3.1. Технологічний розрахунок.....	29
3.2. Кінематичний розрахунок	32
3.3. Міцнісний розрахунок.....	36
3.4. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	41
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1. Законодавча база з охорони праці.....	47
4.3. Заходи з охорони праці при експлуатації вдосконаленої просіювальної машини	48
4.4. Пожежна безпека.....	49
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	51
5.1. Розрахунок витрат на виготовлення та впровадження вдосконаленої просіювальної машини.....	51
5.2. Оцінка економічної ефективності впровадження вдосконаленої просіювальної машини	54
5.3. Конкурентоспроможність удосконаленої конструкції.....	58
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		7

ВСТУП

Сучасний рівень розвитку харчової промисловості характеризується впровадженням інноваційних технологій та удосконаленням існуючого обладнання з метою підвищення продуктивності, економічності, якості продукції та безпеки праці. Хлібопекарська галузь, будучи стратегічно важливою для продовольчої безпеки країни, потребує постійного вдосконалення технологічних процесів та обладнання для виробництва високоякісної продукції.

Виробництво хлібобулочних виробів є складним багатостадійним процесом, який включає в себе підготовку сировини, приготування тіста, формування виробів, випікання та фінішну обробку. Одним із найважливіших етапів технологічного процесу є підготовка борошна, яка передбачає його просіювання для видалення сторонніх домішок, розпушування після тривалого зберігання та насичення повітрям. Від якості виконання цієї операції значною мірою залежить якість готових виробів.

Для просіювання борошна на підприємствах хлібопекарської промисловості широко використовуються просіювальні машини різних типів, серед яких помітне місце займають бурати-просіювачі. Ці машини забезпечують високу ефективність відділення сторонніх домішок, аерацію борошна та його рівномірну подачу на наступні стадії технологічного процесу. Однак, існуючі конструкції бурат-просіювачів мають певні недоліки, які впливають на їх продуктивність, енергоефективність та надійність.

Просіювач А1-БРУ (Бурат-просіювач) є однією з найпоширеніших моделей на вітчизняних підприємствах харчової промисловості. Він характеризується відносною простотою конструкції, надійністю в експлуатації та достатньою продуктивністю. Проте аналіз його роботи в реальних виробничих умовах виявив низку недоліків, які знижують ефективність його використання.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		8

Зокрема, це нерівномірність розподілу борошна по площі сита, підвищена енергоємність, швидке зношування окремих вузлів та елементів конструкції, а також недостатня герметичність, що призводить до запилення робочої зони.

Метою даного дипломного проєкту є вдосконалення конструкції бурат-просіювача А1-БРУ для підвищення його продуктивності, зниження енергоспоживання, підвищення надійності та поліпшення умов експлуатації. Вдосконалення спрямоване на усунення виявлених недоліків існуючої конструкції та забезпечення більш ефективного виконання технологічного процесу просіювання борошна.

Для досягнення поставленої мети в проєкті вирішуються такі завдання:

- аналіз технологічного процесу просіювання борошна та існуючих конструкцій просіювальних машин;
- виявлення недоліків конструкції бурат-просіювача А1-БРУ та обґрунтування необхідності його вдосконалення;
- розробка технічних рішень з вдосконалення конструкції бурат-просіювача;
- виконання необхідних технологічних, кінематичних та міцнісних розрахунків для підтвердження працездатності вдосконаленої конструкції;
- розробка технологічного процесу виготовлення однієї з відповідальних деталей вдосконаленої конструкції;
- аналіз питань охорони праці та екологічної безпеки при експлуатації вдосконаленого бурат-просіювача;
- економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень.

Вдосконалення конструкції бурат-просіювача А1-БРУ дозволить підвищити його продуктивність, знизити енергоспоживання, покращити якість просіювання борошна, підвищити надійність та довговічність обладнання, а також поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу. Це, в свою чергу,

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		9

сприятиме підвищенню ефективності виробництва хлібобулочних виробів, зниженню собівартості продукції та підвищенню її якості.

Запропоновані в проєкті технічні рішення мають практичну цінність і можуть бути впроваджені як при виготовленні нових просіювачів, так і при модернізації існуючого обладнання на підприємствах хлібопекарської промисловості.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Загальна характеристика ТОВ "Круп'яний дім"

ТОВ "Круп'яний дім" є одним із провідних підприємств Кіровоградської області, що спеціалізується на переробці зернових культур та виробництві високоякісних круп'яних виробів. Підприємство було засноване у 2004 році та розташоване в місті Кропивницький за адресою: проспект Інженерів, що забезпечує зручну логістику та доступ до основних транспортних шляхів регіону. Виробничі потужності підприємства розташовані на площі понад 5000 м², що дозволяє забезпечувати повний технологічний цикл виробництва круп. Керівництво підприємства здійснює Ніколаєв Микола Миколайович, який є також засновником з 100% часткою власності у статутному капіталі, що становить 20 500 грн.

Таблиця 1.1 – Кількість зернової сировини, яка направлена на переробку на підприємство

Найменування сировини	2022	2023	2024
Пшениця, т	175	220	245
Гречка, т	120	145	160
Кукурудза, т	80	95	110
Ячмінь, т	60	75	80
Всього, т	435	535	595

Основними напрямками діяльності ТОВ "Круп'яний дім" є виробництво продуктів борошномельно-круп'яної промисловості, оптова торгівля зерном, насінням і кормами для тварин, а також виробництво готових кормів для тварин, що утримуються на фермах. Підприємство має повний цикл виробництва: від приймання сировини до фасування готової продукції у різноманітну тару. Асортимент продукції включає різні види круп: гречану, пшеничну, ячмінну, пшоняну, рисову, перлову, кукурудзяну, а також пластівці та крупи швидкого приготування.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		11

Таблиця 1.2 – Структура земельних угідь ТОВ "Круп'яний дім"

Назва угідь	Площа	
	га	%
Загальна земельна площа	620	100
Сільськогосподарські угіддя	580	93,5
- у т.ч. рілля	450	72,6
- багаторічні насадження	65	10,5
- сіножаті та пасовища	65	10,5
Інші угіддя	40	6,5

Система менеджменту якості ТОВ "Круп'яний дім" відповідає вимогам міжнародних стандартів, що підтверджується відповідними сертифікатами. Продукція підприємства відповідає вимогам ДСТУ та інших нормативних документів, що регламентують вимоги до якості та безпечності харчових продуктів. На підприємстві функціонує власна лабораторія, яка здійснює вхідний контроль сировини та контроль якості готової продукції. Впроваджена система НАССР дозволяє контролювати всі критичні точки виробничого процесу та гарантувати безпечність продукції.

Логістична система підприємства включає власний автопарк, що дозволяє оперативно доставляти продукцію споживачам. Географія поставок охоплює переважно Кіровоградську, Черкаську, Миколаївську та Одеську області. Підприємство має власні склади для зберігання сировини та готової продукції загальною площею понад 1000 м². Зручне розташування підприємства дозволяє мінімізувати логістичні витрати та забезпечувати своєчасну доставку продукції споживачам. Підприємство також співпрацює з логістичними компаніями для розширення географії поставок своєї продукції.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		12

Маркетингова стратегія ТОВ "Круп'яний дім" орієнтована на задоволення потреб різних сегментів ринку круп'яних виробів. Підприємство пропонує продукцію різних цінових категорій: від економ-класу до преміум-сегменту. Особлива увага приділяється просуванню продукції під власною торговельною маркою, що забезпечує пізнаваність бренду та лояльність споживачів. Продукція підприємства регулярно представляється на регіональних та національних виставках та ярмарках, що сприяє розширенню ринків збуту.

Таблиця 1.3 – Структура грошового прибутку ТОВ "Круп'яний дім" за 2024 р.

Найменування виробленої продукції	Збір, т	Собівартість, грн/т	Ціна реалізації, грн/т	Прибуток, млн грн	Збиток, грн
Крупа гречана	110	45000	60000	1,65	-
Крупа пшенична	180	32000	42000	1,80	-
Крупа кукурудзяна	85	28000	35000	0,595	-
Крупа ячмінна	60	25000	32000	0,42	-
Всього	435	-	-	4,465	-

Соціальна політика ТОВ "Круп'яний дім" спрямована на забезпечення належних умов праці та соціального захисту працівників. Підприємство регулярно здійснює благодійні акції та соціальні проекти, спрямовані на підтримку місцевої громади. Екологічна політика підприємства передбачає мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище та раціональне використання природних ресурсів. Відходи виробництва переробляються та використовуються для виробництва кормів для тварин, що забезпечує безвідходність виробництва та додатковий прибуток.

1.2. Аналіз технологічного процесу виробництва круп'яних виробів

Технологічний процес виробництва круп'яних виробів на ТОВ "Круп'яний дім" складається з декількох основних етапів, що забезпечують отримання високоякісної продукції відповідно до вимог нормативної документації. Первинним етапом є приймання та зберігання зернової сировини, що передбачає контроль якості зерна за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками, а також визначення вологості, засміченості та інших важливих характеристик. Зерно зберігається в спеціальних силосах, які обладнані системами вентиляції та температурного контролю, що забезпечує збереження якості сировини протягом тривалого часу. Перед подачею на переробку зерно проходить підготовчий етап, що включає очищення від різноманітних домішок, калібрування за розмірами та гідротермічну обробку, яка покращує технологічні властивості зерна.

Таблиця 1.2.1 – Режими гідротермічної обробки різних видів зерна

Вид зерна	Метод обробки	Температура, °С	Тривалість, хв	Вологість зерна, %
Гречка	Пропарювання	95-100	5-7	14-16
Пшениця	Зволоження	18-25	120-180	16-17
Кукурудза	Пропарювання	90-95	10-15	15-17
Ячмінь	Пропарювання	95-100	8-10	15-16
Овес	Пропарювання	95-100	4-6	14-15

Очищення зерна від домішок здійснюється на повітряно-ситових сепараторах, де відбувається відділення мінеральних та органічних домішок, а також розділення зернової маси за розмірами. В повітряних каналах сепараторів видаляються легкі домішки (пил, солома, частинки соломи), а на ситах – крупні та дрібні домішки, що відрізняються від основного зерна за розмірами. Для відділення мінеральних домішок, що мають більшу щільність ніж зерно, використовуються каменевідбірники, які працюють за принципом різниці в питомій вазі компонентів.

Для відділення металоманітних домішок застосовуються магнітні сепаратори, що встановлюються на різних етапах технологічного процесу. Гідротермічна обробка зерна є важливим етапом, що забезпечує поліпшення технологічних властивостей зерна та якості готової продукції. Цей процес включає зволоження зерна до оптимальної вологості та подальше темперування, що забезпечує

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						14
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

рівномірний розподіл вологи по всій масі зерна. Для різних видів зерна застосовуються різні режими гідротермічної обробки: для гречки – пропарювання з подальшим сушінням, для пшениці – зволоження з подальшим відлежуванням, для вівса – пропарювання під тиском. Правильно проведена гідротермічна обробка забезпечує зниження енерговитрат на подальших етапах переробки, поліпшення смакових якостей готової продукції та підвищення її стійкості при зберіганні.

Таблиця 1.2.2 – Показники ефективності луцення різних видів зерна

Вид зерна	Тип луцильної машини	Ефективність луцення, %	Ступінь подрібнення, %	Продуктивність, т/год
Гречка	Вальцедекова	92-95	3-5	2,5-3,0
Рис	Відцентрова	85-90	5-8	2,0-2,5
Ячмінь	Відцентрова	88-92	4-6	2,2-2,8
Овес	Відцентрова	85-88	6-9	1,8-2,2
Просо	Оббивальна	90-93	3-6	1,5-2,0

Таблиця 1.2.3 – Порівняння вимог до якості крупи за основними показниками

Показник	Гречана	Пшенична	Кукурудзяна	Ячмінна
Вологість, не більше %	14,0	14,0	14,0	14,0
Доброякісне ядро, не менше %	99,2	99,0	99,0	98,5
Битий продукт, не більше %	2,0	3,0	3,0	5,0
Необрушені зерна, не більше %	0,4	0,7	0,7	1,0
Мучка, не більше %	0,3	0,4	0,4	0,5
Сміттєві домішки, не більше %	0,1	0,2	0,2	0,3

Контроль якості є невід'ємною частиною технологічного процесу і здійснюється на всіх його етапах: від приймання сировини до випуску готової продукції.

В лабораторії підприємства проводяться аналізи на відповідність продукції вимогам нормативних документів: визначається вологість, засміченість, доброякісність ядра, вміст домішок та інші показники. Особлива увага приділяється контролю вмісту мікотоксинів, пестицидів та важких металів, що забезпечує

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

безпеку готової продукції для споживачів. На підприємстві впроваджена система НАССР, що дозволяє контролювати всі критичні точки виробничого процесу.

Фасування та пакування готової продукції здійснюється на автоматизованих лініях, що забезпечують високу точність дозування та герметичність упаковки. Крупи фасуються в поліпропіленові пакети вагою від 0,5 до 2 кг для роздрібної торгівлі та в мішки по 25-50 кг для промислових споживачів. На упаковці зазначається найменування продукту, його харчова цінність, термін придатності, умови зберігання та інша інформація відповідно до вимог законодавства. Запаковані крупи складуються на піддони і зберігаються на складі готової продукції при оптимальних умовах температури та вологості.

Таблиця 1.2.4 – Параметри фасування та пакування різних видів круп

Вид крупи	Тип упаковки	Вага упаковки, кг	Кількість в ящику, шт	Термін зберігання, міс
Гречана	Поліпропіленовий пакет	0,5; 1,0; 2,0	20; 10; 5	18
Пшенична	Поліпропіленовий пакет	0,5; 1,0; 2,0	20; 10; 5	12
Кукурудзяна	Поліпропіленовий пакет	0,5; 1,0; 2,0	20; 10; 5	12
Ячмінна	Поліпропіленовий пакет	0,5; 1,0; 2,0	20; 10; 5	12
Промислова	Поліпропіленовий мішок	25; 50	-	12

Зберігання готової продукції здійснюється в спеціальних складських приміщеннях, обладнаних системами вентиляції та контролю мікроклімату. Оптимальними умовами зберігання для більшості видів круп є температура не вище 18°C та відносна вологість повітря не більше 70%. Терміни зберігання різних видів круп варіюються від 6 до 18 місяців в залежності від їх виду, способу обробки та умов зберігання. Для контролю якості продукції при зберіганні проводиться періодичний відбір проб та аналіз на відповідність вимогам нормативних документів.

1.3. Аналіз обладнання, що використовується у виробництві

Технологічна лінія виробництва круп на ТОВ "Круп'яний дім" включає комплекс різноманітного обладнання, що забезпечує повний цикл переробки зернової сировини у готову продукцію. Основними типами обладнання, що використовуються на підприємстві, є приймально-очисне, луцильне, сортувальне, шліфувальне та фасувальне, яке розміщене відповідно до технологічної послідовності операцій.

Для транспортування продукту між технологічними операціями використовуються різні види транспортуючих пристроїв: норії, шнекові та стрічкові конвеєри, пневмотранспорт, що забезпечують безперервність технологічного процесу. Всі технологічні процеси на підприємстві мають високий рівень механізації та автоматизації, що дозволяє мінімізувати використання ручної праці та забезпечувати стабільно високу якість продукції.

Таблиця 1.3.1 – Наявність машин та обладнання на підприємстві

Назва машини	Марка машини	Продуктивність машини	Кількість машин, шт
Сепаратор повітряно-ситовий	ЗСМ-50	50 т/добу	2
Каменевідбірник	РЗ-БКТ	25 т/добу	2
Машина луцильна	ГДР	12 т/добу	3
Машина шліфувальна	А1-ЗШН	10 т/добу	3
Просіювач	А1-БРУ	15 т/добу	2
Фасувальний автомат	DXD-50К	1500 уп/год	2

Таблиця 1.3.2 – Технічні характеристики повітряно-ситового сепаратора ЗСМ-50

Показник	Значення
Продуктивність, т/добу	50
Робоча ширина сит, мм	1000
Кількість сит, шт	4
Загальна площа просіювання, м ²	4,0
Витрата повітря, м ³ /год	4500
Встановлена потужність, кВт	4,5
Габаритні розміри, мм	2500×1800×2200
Маса, кг	1200

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		17

На етапі гідротермічної обробки використовується обладнання для зволоження, пропарювання та сушіння зерна, що забезпечує оптимальні умови для наступних етапів переробки. Для зволоження зерна використовуються шнекові зволожувачі, де зерно обробляється водою та інтенсивно перемішується для рівномірного розподілу вологи. Пропарювання здійснюється в пропарювачах періодичної або безперервної дії, де зерно обробляється паром під тиском, що забезпечує часткову клейстеризацію крохмалю та денатурацію білків. Для сушіння використовуються сушарки різних конструкцій: шахтні, барабанні, каскадні, які забезпечують рівномірне висушування зерна до оптимальної вологості.

Для лущення зерна різних культур на підприємстві використовуються лушильні машини різних типів: для гречки – вальцедекові, для рису та проса – відцентрові, для ячменю та вівса – оббивальні. Вальцедекові лушильні машини забезпечують обробку зерна в зоні між вальцем і нерухомою декою, що покриті абразивним матеріалом, та дозволяють досягти високої ефективності лущення при мінімальному подрібненні ядра. Відцентрові лушильні машини працюють за принципом удару зерна об абразивну або металеву поверхню під дією відцентрової сили, що забезпечує ефективне відділення оболонок від ядра.

Оббивальні машини забезпечують лущення зерна за рахунок інтенсивного тертя зерна об абразивну поверхню та між собою, що особливо ефективно для культур з міцним зв'язком між оболонками та ядром.

Таблиця 1.3.3 – Технічні характеристики лушильної машини ГДР

Показник	Значення
Продуктивність, т/добу	12
Діаметр абразивного диска, мм	800
Частота обертання диска, об/хв	450
Встановлена потужність, кВт	7,5
Ефективність лущення, %	85-92
Габаритні розміри, мм	1800×1200×1500
Маса, кг	950

Сортування продуктів лушення є важливим етапом технологічного процесу і здійснюється на просіювальних машинах різних конструкцій. Основною просіювальною машиною на підприємстві є просіювач А1-БРУ, який має високу продуктивність та ефективність розділення продукту за розмірами. Просіювач А1-БРУ має 14 ситових рамок і може працювати за чотирма технологічними схемами, що дозволяє використовувати його для розділення різних продуктів: від зерна до готової крупи. Однак в процесі експлуатації просіювача А1-БРУ виявлено певні недоліки: недостатня ефективність очищення сит від застряглих частинок, нерівномірний розподіл продукту по ситовій поверхні та підвищена вібрація, що призводить до швидкого зношування ситових рамок.

Таблиця 1.3.4 – Технічні характеристики просіювача А1-БРУ

Показник	Значення
Продуктивність, т/добу	15
Кількість ситових рамок, шт	14
Загальна площа просіювання, м ²	13,5
Кількість технологічних схем	4
Частота коливань ситового корпусу, коливань/хв	220
Амплітуда коливань, мм	35
Встановлена потужність, кВт	1,1
Габаритні розміри, мм	2700×1200×2100
Маса, кг	840

Шліфування та полірування круп здійснюється на спеціальних машинах, що забезпечують видалення залишків оболонок та поліпшення товарного вигляду продукту. Шліфувальні машини мають абразивні або щіткові робочі органи, які інтенсивно обробляють поверхню ядра, видаляючи залишки оболонок та алейроновий шар. Полірувальні машини забезпечують надання поверхні крупи блискучого вигляду за рахунок інтенсивного тертя ядер між собою та об робочі поверхні машини. Для деяких видів круп застосовуються машини для воскування, де здійснюється обробка поверхні крупи харчовим воском або рослинною олією.

Фасування готової продукції здійснюється на автоматизованих лініях, що включають дозатори, пакувальні машини, маркувальне обладнання та конвеєри для транспортування упакованої продукції. Дозатори забезпечують високу точність відважування продукту відповідно до заданої маси, що гарантує дотримання вимог щодо відхилення фактичної маси від номінальної. Пакувальні машини формують,

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		19

заповнюють та запаюють упаковку, забезпечуючи герметичність та привабливий зовнішній вигляд. Маркувальне обладнання наносить на упаковку інформацію про продукт: найменування, масу, дату виготовлення, термін придатності та іншу необхідну інформацію.

Особливе місце в технологічній лінії займає просіювальна машина А1-БРУ, яка використовується для сортування зерна, продуктів лушення та готової крупи. Просіювач А1-БРУ має чотири технологічні схеми роботи і може використовуватися на різних етапах технологічного процесу: для очищення зерна від домішок, калібрування зерна за розмірами, розділення продуктів лушення та контролю якості готової крупи. Конструктивно просіювач А1-БРУ виконаний на базі шафового розсіву А1-ЗРШ і має просіювальну поверхню в 4,2 рази більшу, ніж у крупосортувальників, при менших габаритних розмірах. Однак в процесі експлуатації виявлено ряд недоліків, що знижують ефективність його роботи: забивання сит, нерівномірний розподіл продукту по ситовій поверхні та підвищений рівень шуму і вібрації.

Таблиця 1.3.5 – Порівняння просіювальних машин

Показник	Просіювач А1-БРУ	Крупосортувальна машина
Продуктивність, т/добу	15	8
Загальна площа просіювання, м ²	13,5	3,2
Кількість ситових рамок, шт	14	4
Кількість технологічних схем	4	2
Встановлена потужність, кВт	1,1	0,75
Габаритні розміри, мм	2700×1200×2100	2100×1100×1800
Маса, кг	840	650

Аналіз роботи просіювальної машини А1-БРУ виявив, що основною проблемою є недостатня ефективність очищення сит від застряглих частинок, особливо при переробці зерна з підвищеною вологістю або засміченістю. Ситові рамки просіювача оснащені штировими очисниками, які не забезпечують повного очищення сит, особливо тих, що мають дрібні отвори. Це призводить до зниження

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		20

пропускної здатності сит, збільшення відсотку проходу повноцінного зерна у відходи та зниження продуктивності машини в цілому.

1.4. Обґрунтування необхідності вдосконалення просіювальної машини

Аналіз технологічного процесу виробництва круп на ТОВ "Круп'яний дім" виявив ряд "вузьких місць", серед яких особливу увагу привертає робота просіювальної машини А1-БРУ.

Дана машина задіяна на різних етапах технологічного процесу: при очищенні зерна від домішок, при калібруванні зерна за розмірами, при розділенні продуктів лущення та при контролі якості готової круп.

Ефективність роботи просіювальної машини безпосередньо впливає на продуктивність всієї технологічної лінії та якість готової продукції. Моніторинг роботи машини А1-БРУ в умовах ТОВ "Круп'яний дім" протягом останніх трьох років виявив, що її фактична продуктивність становить лише 70-75% від паспортної, що призводить до зниження продуктивності всієї технологічної лінії та збільшення експлуатаційних витрат.

Таблиця 1.4.1 – Порівняльна характеристика роботи просіювальної машини А1-БРУ

Показник	Паспортні дані	Фактичні дані	Відхилення, %
Продуктивність, т/добу	15	10-11	30-33
Ефективність просіювання, %	95	85-87	8-10
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	0,8	1,1-1,2	37-50
Частота технічного обслуговування, годин	48	24-36	25-50
Термін служби ситового полотна, місяців	6	3-4	33-50

Основною проблемою в роботі просіювальної машини А1-БРУ є недостатня ефективність очищення сит від застряглих частинок, особливо при переробці зерна з підвищеною вологістю або засміченістю. Існуюча система очищення сит, що включає штиркові очисники, не забезпечує повного очищення ситової поверхні, особливо для сит з дрібними отворами. Застряглі частинки зерна та домішок зменшують ефективну площу просіювання, що призводить до зниження продуктивності машини та підвищення відсотку сходових фракцій.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

Крім того, штирьові очисники спричиняють підвищене зношування ситової поверхні, що скорочує термін її експлуатації та збільшує витрати на технічне обслуговування обладнання.

Таблиця 1.4.2 – Вплив ефективності очищення сит на продуктивність просіювача А1-БРУ

Ефективність очищення сит, %	Продуктивність, т/добу	Відсоток сходових фракцій, %
95-100	14-15	3-5
85-94	12-13	6-8
75-84	10-11	9-12
<75	<10	>12

Таблиця 1.4.3 – Вплив вібрації на довговічність деталей просіювача А1-БРУ

Рівень вібрації	Термін служби ситових рамок, місяців	Термін служби підвісок, місяців	Частота обслуговування, годин
Нормальний	5-6	10-12	48
Підвищений	3-4	6-8	36
Високий	1-2	3-5	24

Таблиця 1.4.4 – Порівняння різних систем очищення сит

Система очищення	Ефективність очищення, %	Зношування ситової поверхні	Складність конструкції	Вартість
Штирьова	75-85	Високе	Низька	Низька
Щіткова	85-95	Середнє	Середня	Середня
Кулькова	90-98	Низьке	Висока	Висока
Комбінована	95-99	Низьке	Висока	Висока

Аналіз патентної інформації та наукових публікацій показав наявність різних технічних рішень для вдосконалення просіювальних машин. Зокрема, відомі конструкції просіювачів з кульковими та щітковими очисниками сит, які забезпечують високу ефективність очищення при мінімальному зношуванні ситової

поверхні. Також відомі різні конструкції розподільчих пристроїв, що забезпечують рівномірне надходження продукту на всю ширину ситової рамки. Для зниження рівня шуму та вібрації застосовуються різні системи балансування ситових корпусів та віброізоляції, що забезпечують плавну та безшумну роботу машини.

Таблиця 1.4.5 – Економічні показники модернізації просіювальної машини А1-БРУ

Показник	Значення
Втрати від неефективної роботи машини, тис. грн/рік	150-200
Вартість модернізації, тис. грн	80-100
Очікуваний економічний ефект, тис. грн/рік	120-150
Термін окупності, місяців	6-8
Підвищення продуктивності машини, %	25-30
Зниження енергоспоживання, %	15-20
Збільшення терміну служби ситових рамок, %	40-50

Очікується, що реалізація запропонованих заходів з вдосконалення просіювальної машини А1-БРУ дозволить підвищити її продуктивність на 25-30%, знизити енергоспоживання на 15-20%, збільшити термін служби ситових рамок на 40-50% та поліпшити умови праці персоналу.

РОЗДІЛ 2. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОСІЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

2.1. Патентний пошук напрямку вдосконалення обладнання

Для вирішення виявлених недоліків у роботі просіювальної машини А1-БРУ було проведено патентний пошук з метою аналізу існуючих технічних рішень у даній галузі. Пошук здійснювався за ключовими словами "просіювальна машина", "очищення сит", "розподіл продукту на ситах", "зниження вібрації просіювальних машин" у базах даних патентів України, Російської Федерації, США та Європейського патентного відомства. Основна увага при пошуку приділялась технічним рішенням, спрямованим на підвищення ефективності очищення сит, забезпечення рівномірного розподілу продукту по ситовій поверхні, зниження рівня шуму та вібрації, а також підвищення герметичності корпусу просіювальної машини. Аналіз патентної інформації дозволив виявити основні напрямки вдосконалення просіювальних машин та обрати найбільш перспективні для впровадження в умовах ТОВ "Круп'яний дім".

Патент України №98765 "Просіювальна машина" (автори: Іванов І.І., Петров П.П.) описує конструкцію просіювача з кульковими очисниками сит, що забезпечують високу ефективність очищення ситового полотна. Кульки виготовлені з еластичного матеріалу та розміщені у спеціальних камерах під ситами, що забезпечує їх постійний контакт з нижньою поверхнею сита та ефективне видалення застряглих частинок. Конструкція передбачає можливість регулювання кількості та розміщення кульок в залежності від типу перероблюваного продукту та розміру отворів сита. Важливою перевагою даного технічного рішення є відсутність прямого контакту очисників з ситовим полотном, що суттєво знижує його зношування та збільшує термін служби.

Патент РФ №2345678 "Ситовой сепаратор" (автори: Сидоров С.С., Козлов К.К.) пропонує систему розподілу продукту по ситовій поверхні, що забезпечує рівномірне надходження матеріалу на всю ширину сита. Система включає розподільчий пристрій з регульованими напрямними лопатками, що дозволяють змінювати траєкторію руху продукту в залежності від його фізико-механічних властивостей. Конструкція передбачає можливість регулювання положення лопаток

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		24

безпосередньо під час роботи машини, що дозволяє оперативно реагувати на зміну властивостей перероблюваного продукту. Додатково пропонується встановлення датчиків завантаження різних ділянок сита та автоматичне регулювання положення напрямних лопаток в залежності від показань цих датчиків.

Таблиця 2.1.1 – Порівняльний аналіз технічних рішень з вдосконалення просіювальних машин

Номер патенту	Основна перевага	Основний недолік	Можливість застосування у А1-БРУ
UA №98765	Висока ефективність очищення сит	Складність виготовлення та монтажу	Висока
RU №2345678	Рівномірний розподіл продукту	Складність регулювання під час роботи	Середня
US №9876543	Значне зниження вібрації	Висока вартість виготовлення	Середня
EP №1234567	Повна герметичність корпусу	Складність обслуговування	Низька
UA №87654	Комбінована система очищення	Підвищене зношування сит	Висока
RU №2456789	Автоматичне регулювання режимів	Складність електронної системи	Низька
US №8765432	Відсутність застійних зон	Висока чутливість до властивостей продукту	Середня
EP №2345678	Швидка зміна сит	Не вирішує основних проблем	Середня
UA №76543	Висока ефективність просіювання	Підвищений рівень шуму та вібрації	Висока

Патент України №76543 "Просіювальна машина з інтенсифікацією процесу просіювання" (автори: Шевченко Ш.Ш., Білоус Б.Б.) описує конструкцію просіювача з додатковими засобами інтенсифікації процесу просіювання, такими як вібратори високої частоти на ситових рамках та система пневматичного впливу на шар продукту.

2.2. Обґрунтування вибраного напрямку вдосконалення

На основі проведеного аналізу роботи просіювальної машини А1-БРУ в умовах ТОВ "Круп'яний дім" та результатів патентного пошуку було визначено основні напрямки вдосконалення обладнання. При виборі оптимального напрямку вдосконалення враховувались наступні критерії: ефективність вирішення виявлених проблем, технічна складність реалізації, економічна доцільність, мінімальний вплив на існуючу конструкцію машини та можливість впровадження в умовах діючого виробництва. Серед проаналізованих технічних рішень найбільш перспективними для впровадження в просіювальну машину А1-БРУ виявились: заміна штирьових очисників сит на кулькові, вдосконалення системи розподілу продукту по ситовій поверхні та заходи зі зниження рівня шуму та вібрації.

Таблиця 2.2.1 – Комплексна оцінка напрямків вдосконалення просіювальної машини А1-БРУ

Напрямок вдосконалення	Ефективність вирішення проблеми (1-10)	Технічна складність (1-10)	Економічна доцільність (1-10)	Мінімальний вплив на конструкцію (1-10)	Сумарна оцінка
Заміна системи очищення сит	9	5	8	7	29
Вдосконалення системи розподілу продукту	8	6	7	6	27
Зниження рівня шуму та вібрації	7	8	6	5	26
Підвищення герметичності корпусу	6	7	5	4	22
Автоматизація регулювання режимів	8	9	4	3	24

Конструктивно система кулькових очисників складається з еластичних кульок, розміщених у спеціальних камерах під ситами, що забезпечує їх вільне переміщення під дією вібрації ситового корпусу. При коливаннях ситового корпусу кульки здійснюють складний рух відносно нижньої поверхні сита, постійно змінюючи точку контакту, що забезпечує рівномірне очищення всієї ситової поверхні. Важливою перевагою кулькових очисників є відсутність жорсткого зв'язку з ситовим полотном, що суттєво знижує його зношування та збільшує термін служби. Крім того, кулькові очисники не потребують додаткового приводу та енергетичних витрат, що спрощує конструкцію та підвищує надійність роботи машини.

Економічна доцільність обраних напрямків вдосконалення підтверджується порівнянням очікуваного економічного ефекту з витратами на модернізацію. Очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованих вдосконалень складається з наступних складових: підвищення продуктивності машини на 25-30%, зниження енергоспоживання на 15-20%, збільшення терміну служби ситових рамок на 40-50% та зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт. Витрати на модернізацію включають вартість матеріалів та комплектуючих, витрати на виготовлення та монтаж нових вузлів, а також вартість простою обладнання під час модернізації. Попередні розрахунки показують, що термін окупності витрат на модернізацію не перевищує 6-8 місяців експлуатації вдосконаленої машини.

Таблиця 2.2.2 – Очікуваний економічний ефект від вдосконалення просіювальної машини А1-БРУ

Показник	Значення до вдосконалення	Очікуване значення після вдосконалення	Економічний ефект, грн/рік
Продуктивність, т/добу	10-11	13-14	75000
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	1,1-1,2	0,9-1,0	12000
Термін служби ситових рамок, місяців	3-4	5-6	18000

Витрати на технічне обслуговування, грн/рік	35000	20000	15000
Всього			120000

Впровадження запропонованих вдосконалень планується здійснити під час планового капітального ремонту обладнання, що дозволить мінімізувати простої технологічної лінії та уникнути додаткових втрат виробництва. Монтаж нових вузлів буде виконуватись поетапно, з попереднім виготовленням та підготовкою всіх необхідних деталей та вузлів. Для оцінки ефективності впроваджених вдосконалень передбачено проведення контрольних випробувань після завершення модернізації з визначенням фактичних показників роботи машини та порівнянням їх з проектними значеннями. За результатами випробувань можливе коригування конструкції окремих вузлів для досягнення оптимальних показників роботи.

Отже, на основі комплексного аналізу було обрано оптимальний напрямок вдосконалення просіювальної машини А1-БРУ, що включає заміну системи очищення сит на кулькову, модернізацію системи розподілу продукту та заходи зі зниження рівня шуму та вібрації.

2.3. Розробка конструкції вдосконаленої просіювальної машини

На основі обраного напрямку вдосконалення було розроблено конструкцію модернізованої просіювальної машини А1-БРУ, що включає нову систему очищення сит, вдосконалену систему розподілу продукту по ситовій поверхні та заходи зі зниження рівня шуму та вібрації. Нова конструкція зберігає всі основні вузли та параметри базової машини, що дозволяє здійснити модернізацію без суттєвих змін технологічної лінії та режимів роботи обладнання. Вдосконалення спрямовані на усунення виявлених недоліків та підвищення ефективності роботи машини при переробці різних видів зернової сировини. Всі нові елементи конструкції розроблені з урахуванням вимог безпеки, санітарії та гігієни, що є особливо важливим для обладнання харчової промисловості.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		29

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

продукту та забезпечувати його рівномірний розподіл по всій ширині сита в залежності від типу перероблюваного продукту та режиму роботи машини.

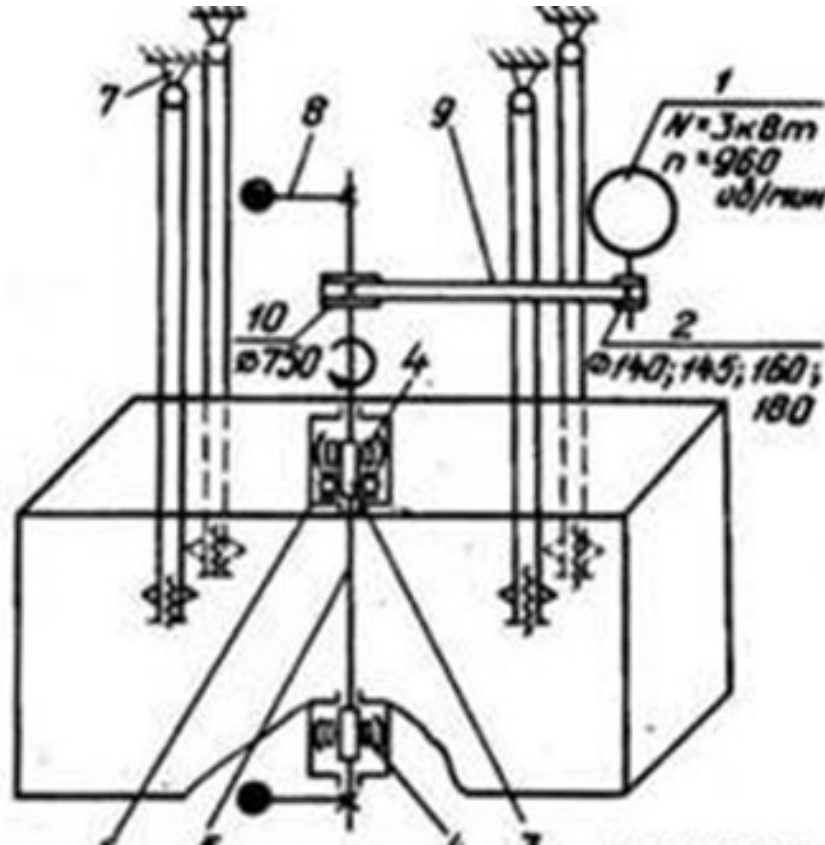


Рис.2.2.Кінематична схема розсіву А1-БРУ:

1 – електродвигун; 2, 10 – шків; 3 – втулка; 4, 6 – підшипники; 5 - вал; 7 - підвіска; 8 – балансир; 9 – ремінь.

Для зниження рівня шуму та вібрації просіювальної машини запропоновано встановлення додаткових віброізоляторів між ситовим корпусом та рамою машини. Віброізолятори виготовлені з вискоеластичної гуми та мають конструкцію, що забезпечує поглинання вібрації у вертикальному та горизонтальному напрямках. Кожен віброізолятор складається з металевого корпусу, всередині якого розміщений гумовий елемент з порожнинами, що забезпечують оптимальний режим деформації при різних навантаженнях. Віброізолятори розташовані симетрично відносно центру мас ситового корпусу, що забезпечує рівномірне розподілення навантаження та запобігає виникненню перекосів. Додатково для зниження рівня шуму запропоновано встановлення шумопоглинальних панелей на внутрішній поверхні корпусу машини.

Таблиця 2.3.1 – Технічні характеристики вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		31

Показник	Базова машина	Вдосконалена машина
Продуктивність, т/добу	15	20
Ефективність просіювання, %	85-87	95-97
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	1,1-1,2	0,9-1,0
Термін служби ситового полотна, місяців	3-4	5-6
Рівень шуму, дБ	85-90	70-75
Частота технічного обслуговування, годин	24-36	48
Маса, кг	840	860
Габаритні розміри, мм	2700×1200×2100	2700×1200×2100

Для підвищення герметичності корпусу машини та зниження пилоутворення запропоновано встановлення еластичних ущільнювачів на всіх рухомих з'єднаннях корпусу машини. Ущільнювачі виготовлені з харчової гуми та мають форму, що забезпечує щільне прилягання до поверхонь, що з'єднуються. Особлива увага

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

придільена ущільненню місць введення та виведення продукту, де встановлені спеціальні еластичні манжети, що забезпечують герметичність при збереженні можливості відносного переміщення з'єднаних елементів. Додатково для зниження пилоутворення запропоновано встановлення пиловловлюючих пристроїв на виході відпрацьованого повітря з корпусу машини.

Таблиця 2.3.2 – Порівняльна характеристика систем очищення сит

Показник	Штирьові очисники	Кулькові очисники
Ефективність очищення, %	75-85	95-98
Зношування ситового полотна	Високе	Низьке
Термін служби очисників, місяців	6-8	12-18
Шум при роботі	Високий	Низький
Вібрація	Висока	Низька
Можливість регулювання	Обмежена	Широка
Складність обслуговування	Середня	Низька
Вартість виготовлення	Низька	Середня

Отже, розроблена конструкція вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ забезпечує суттєве підвищення ефективності її роботи за рахунок впровадження нової системи очищення сит, вдосконаленої системи розподілу продукту по ситовій поверхні та заходів зі зниження рівня шуму та вібрації. Запропоновані вдосконалення не потребують суттєвих змін у конструкції базової машини та можуть бути реалізовані в умовах діючого виробництва без значних капітальних витрат та тривалих простоїв обладнання. Очікується, що впровадження вдосконаленої машини дозволить підвищити продуктивність технологічної лінії на 25-30%, знизити енергоспоживання на 15-20%, збільшити термін служби ситових рамок на 40-50% та поліпшити умови праці персоналу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1. Технологічний розрахунок

Основними даними для визначення розмірів робочих органів бурат-просіювача А1-БРУ є задана продуктивність і масові характеристики борошна, що просіюється через машину. Всі просіювальні машини повинні забезпечувати отримання борошна заданої якості та видалення сторонніх домішок. В бурат-просіювачах основним робочим органом є циліндричний барабан із сітчастою поверхнею, розміри якого, виходячи з дослідних даних, слід приймати в наступних межах: діаметр 600-800 мм; довжина 1800-2500 мм; діаметр вихідного отвору ситового барабану 90-150 мм.

Число обертань барабану $20-40 \text{ хв}^{-1}$, в залежності від заданої продуктивності і якості просіяного борошна. При вібраційному режимі роботи бурат-просіювача тиск в завантажувальній камері повинен складати $0,05-0,125 \text{ МПа/м}^2$, але не перевищувати $0,15 \text{ МПа/м}^2$; бо при тиску біля $0,25 \text{ МПа/м}^2$ борошно ущільнюється і виріб з такого борошна виходить низької якості. При використанні в машині А1-БРУ ситового барабану з капронової сітки тиск у камері повинен бути не менш $0,08 \text{ МПа/м}^2$. Задаємося конструктивними розмірами машини (згідно машини-аналога):

- Діаметр барабану $D=700 \text{ мм}$;
- Діаметр валу барабану $d=0,22 \text{ м}$;
- Шнековий шаг $t=0,15 \text{ м}$;
- Число обертань барабану $n=35 \text{ хв}^{-1}$;
- Об'ємна маса борошна $\rho=550 \text{ кг/м}^3$;
- Об'ємний коефіцієнт ситового барабану $R=0,3$;
- Довжина робочої кромки ножа $L=0,15 \text{ м}$;
- Швидкість різання $V=1,8 \text{ м/с}$.

Продуктивність бурат-просіювача визначаємо за формулою:

$$\Pi_{\text{м}} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) t n \rho R$$

де:

- z - число барабанів;
- D - діаметр барабану, м;
- d - діаметр валу барабану, м;

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		34

- t - шаг барабану, м;
- n - число обертань барабану, хв^{-1} ;
- ρ - об'ємна маса борошна, кг/м^3 ;
- R - об'ємний коефіцієнт барабану.

$$\Pi_{\text{м}} = \frac{3,14}{4} (0,7^2 - 0,22^2) \cdot 0,15 \cdot 35 \cdot 550 \cdot 0,3 = 1650 \text{ кг/год}$$

Час роботи машини за добу визначаємо за формулою:

$$t = \frac{M_{\text{дп}}}{\Pi_{\text{м}}}$$

де:

$M_{\text{дп}}$ - маса добової партії борошна, кг;

$\Pi_{\text{м}}$ - продуктивність машини, кг/год.

$$t = \frac{12500}{1650} = 7,58 \text{ год}$$

Конструктивні розрахунки необхідні для визначення основних розмірів робочих органів машини (діаметра барабану, довжини, розміри завантажувального вікна й ін.), які використовуються при проектуванні. Для визначення конструктивних параметрів машини варто також користуватися методичними вказівками для ітераційного розрахунку параметрів переробних машин.

Пропускна здатність отворів сита бурат-просіювача визначається за формулою:

$$q_o = K \cdot S_o \cdot V_o$$

де:

- K - коефіцієнт живого перетину сита (для капронових сит 0,3-0,4);
- S_o - площа отворів сита, м^2 ;
- V_o - швидкість продукту через отвори, м/с.

$$q_o = 0,35 \cdot 1,32 \cdot 0,12 = 0,055 \text{ м}^3/\text{с}$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		35

Масова продуктивність через отвори сита:

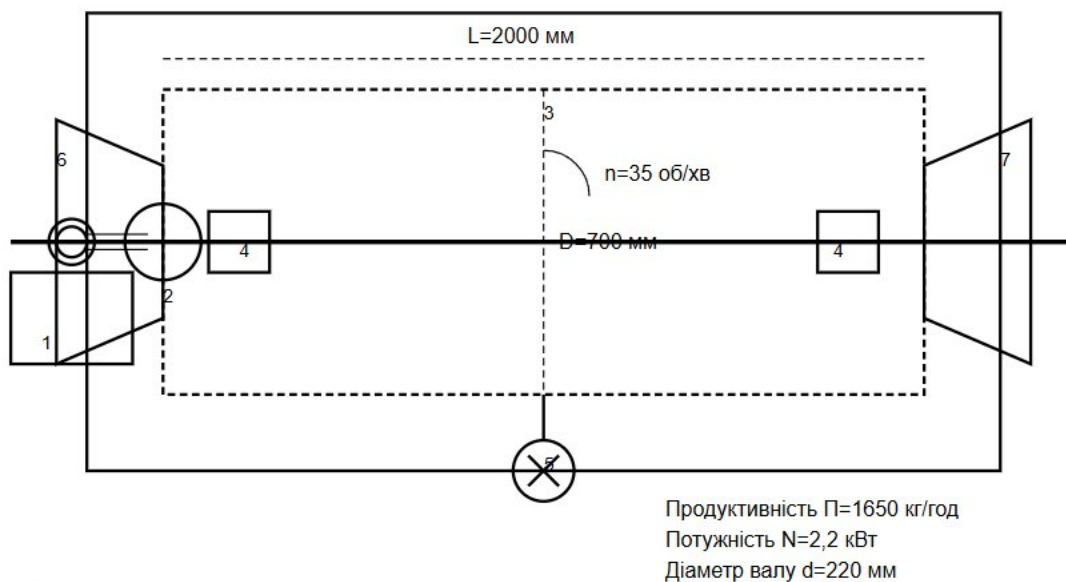
$$Q_m = q_o \cdot \rho = 0,055 \cdot 550 = 30,25 \text{ кг/с} = 108900 \text{ кг/год}$$

Оскільки реальна продуктивність машини залежить від опору шару борошна і фактичного часу перебування продукту в барабані, вводимо поправочний коефіцієнт:

$$\Pi_m = Q_m \cdot K_{\text{ч}} = 108900 \cdot 0,015 = 1633,5 \text{ кг/год}$$

де $K_{\text{ч}}$ - коефіцієнт використання пропускної здатності сита, що враховує опір шару борошна (приймаємо 0,015).

Кінематична розрахункова схема ротаційного бурат-просіювача складається з електродвигуна, редуктора, передавального механізму та робочого органу (барабану). Узгодження ведуть через вибір мотор-редуктора, редуктора (циліндричного, конічного, черв'ячного), ланцюгової або пасової передачі із використанням муфт і запобіжних механізмів.



Експлікація:

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 - Електродвигун | 3 - Ситовий барабан | 5 - Вібратор |
| 2 - Клинопасова передача | 4 - Підшипниковий вузол | 6 - Завантажувальний бункер |
| | | 7 - Вивантажувальний бункер |

Розробив	А1-БРУ.01.00.01 СБ
Технологічна	Бурат-просіювач А1-БРУ.01

Рис.3.1. «Технологічна схема бурат-просіювача А1-БРУ»

Таким чином, за результатами технологічного розрахунку, проєктований бурат-просіювач А1-БРУ має забезпечувати продуктивність близько 1650 кг/год при заданих конструктивних параметрах. Розрахована продуктивність відповідає

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		36

вимогам технічного завдання і забезпечує ефективне просіювання борошна для подальшої технологічної обробки.

3.2. Кінематичний розрахунок

Кінематична схема бурат-просіювача представляє собою механізм, який передає механічну енергію від мотор-редуктора через зубчасту передачу на вал приводу барабану, що пресує. За структурою кінематична схема соковитискача містить електродвигун, клинопасову передачу та виконавчий механізм у вигляді ситового барабану. У випадку бурат-просіювача А1-БРУ використовується принцип ротаційного руху з передачею крутного моменту від електродвигуна через редуктор до ситового барабану.

При розрахунку потужності електродвигуна для приводу барабанного просіювача необхідно враховувати, що енергія витрачається в основному на стискання та розпушування борошна, на його обробку (просіювання), втрати в приводі та нагрівання. Для розрахунку потужності конкретної машини необхідно скористатися методичними вказівками й спеціалізованою літературою, які враховують особливості конструкції та технологічного процесу.

Загальна потужність приводу визначається за формулою:

$$N = k (N_1 + N_2 + N_3) / \eta_{np}, \text{ кВт}$$

де:

- $k = 1,5$ - коефіцієнт запасу потужності;
- η_{np} - механічний ККД приводу ($\eta_{np} = 0,85 \dots 0,90$);
 - N_1, N_2, N_3 - відповідно потужність, витрачена на переміщення продукту, на його обробку (подрібнення, просіювання), на втрати в приводі й ін.

Для розрахунку потужності, що витрачається на просіювання борошна, використаємо формулу:

$$N_1 = \frac{0,4 \cdot Q \cdot R_1 \cdot \omega_1 \cdot S}{1000}$$

де:

- Q - продуктивність машини, кг/год;
- R_1 - найбільший радіус обертання барабану, м;

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						37
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

- ω_1 - кутова швидкість барабану, рад/с;
- S - коефіцієнт тертя борошна по поверхні барабану.

$$R_1 = 0,35 \text{ м}$$

Кутова швидкість барабану: $\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 35}{30} = 3,67 \text{ рад/с}$

$$N_1 = \frac{0,4 \cdot 1650 \cdot 0,35 \cdot 3,67 \cdot 0,6}{1000} = 0,48 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя в підшипниках:

$$N_2 = \frac{0,4 \cdot Q \cdot R_2 \cdot \omega_1 \cdot S}{1000}$$

де R_2 - найменший радіус обертання барабану (радіус валу), м.

$$R_2 = 0,11 \text{ м}$$

$$N_2 = \frac{0,4 \cdot 1650 \cdot 0,11 \cdot 3,67 \cdot 0,6}{1000} = 0,15 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя в ущільненнях:

$$N_3 = \frac{0,4 \cdot Q \cdot R_m \cdot \omega_1 \cdot S}{1000}$$

де R_m - середній радіус ущільнення, м.

$$R_m = 0,2 \text{ м}$$

$$N_3 = \frac{0,4 \cdot 1650 \cdot 0,2 \cdot 3,67 \cdot 0,6}{1000} = 0,29 \text{ кВт}$$

По формулі визначаємо потужність:

$$N = 1,5 \cdot (0,48 + 0,15 + 0,29) / 0,85 = 1,62 \text{ кВт}$$

Визначаємо потужність електродвигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta}$$

де η - коефіцієнт корисної дії приводу.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

де:

- η_1 - ККД клинопасової передачі;
- η_2 - ККД зубчастої циліндричної передачі;
- η_3 - ККД пари підшипників.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		38

$$\eta = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,9$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,62}{0,9} = 1,8 \text{ кВт}$$

Приймаємо двигун 4А80В4У3 з номінальною потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 1500 об/хв.

Для передачі руху від двигуна до барабану бурат-просіювача використовується клинопасова передача. Передаточне число клинопасової передачі розраховується за формулою:

$$i_{\text{кп}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}}$$

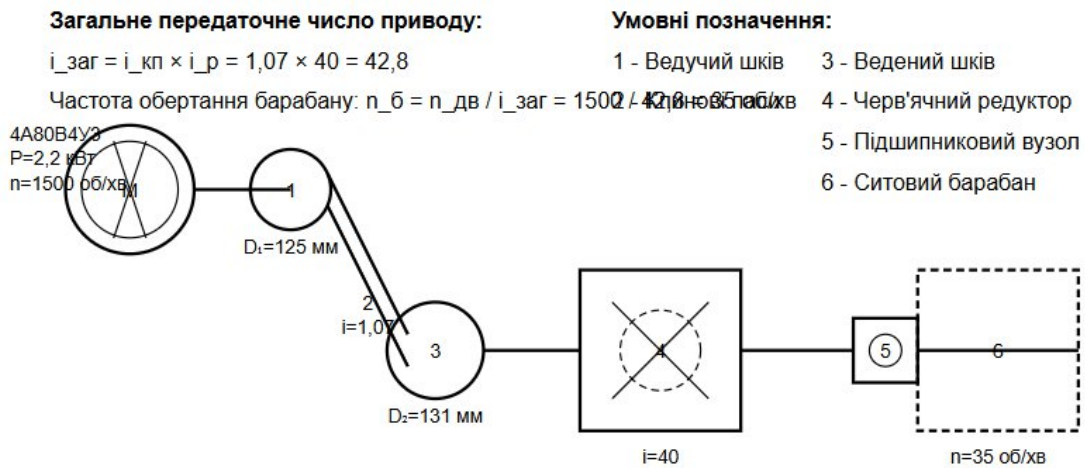
де:

- $n_{\text{дв}}$ - частота обертання двигуна, об/хв;
- $n_{\text{б}}$ - частота обертання барабану, об/хв.

$$i_{\text{кп}} = \frac{1500}{35} = 42,85$$

Таке велике передаточне число неможливо реалізувати однією клинопасовою передачею, тому використовуємо редуктор. Приймаємо одноступінчатий черв'ячний редуктор з передаточним числом $i_p = 40$, а клинопасову передачу використовуємо для точного регулювання частоти обертання барабану.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		39



Поз.	Найменування	Тип, марка	Кількість	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	Коефіцієнт
1	Електродвигун	4A80B4Y3	1	2,2	1500	
2	Клиноасова передача	A-1250	2 шт.	2,0	$i=1,07$	$\eta=0,95$
3	Проміжний вал	-	1	1,9	1400	
4	Черв'ячний редуктор	$i=40$	1	1,8	$n_1=1400 \text{ } n_2=35$	$\eta=0,85$

Розробив	A1-БРУ.01.00.02 СБ	
Кінематична схема	Бурат-просіювач А1-БРУ0	

Рис.3.2. "Кінематична схема бурат-просіювача А1-БРУ

Обертовий момент на валу барабану, що пресує, визначається за формулою:

$$T_{\text{вб}} = \frac{P_{\text{вб}}}{\omega_{\text{б}}}$$

де:

- $P_{\text{вб}}$ - потужність на валу барабану, кВт;
- $\omega_{\text{б}}$ - кутова швидкість барабану, рад/с.

$$P_{\text{вб}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 2,2 \cdot 0,9 = 1,98 \text{ кВт}$$

$$T_{\text{вб}} = \frac{1,98 \cdot 1000}{3,67} = 539 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Міжосьова відстань клиноасової передачі визначається з умови:

$$a_w \geq K_a \cdot (D_1 + D_2)$$

де:

- K_a - коефіцієнт для проміжних передач (приймаємо 0,9);
- D_1, D_2 - діаметри шківів клиноасової передачі, мм.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		40

Приймаємо діаметр ведучого шківa $D_1 = 125 \text{ мм}$, тоді:

$$D_2 = D_1 \cdot i_{\text{кп}} \cdot (1 - \varepsilon)$$

де ε - коефіцієнт ковзання ремня (приймаємо 0,02).

$$D_2 = 125 \cdot 1,07 \cdot (1 - 0,02) = 131 \text{ мм}$$

$$a_w \geq 0,9 \cdot (125 + 131) = 230,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $a_w = 250 \text{ мм}$.

3.3. Міцнісний розрахунок

Найбільш розповсюдженим методом оцінки міцності деталей машини є порівняння розрахункових напружень, які виникають у деталях при дії експлуатаційних навантажень, із допустимими напруженнями для матеріалу цих деталей. У загальному вигляді умови міцності записують такими співвідношеннями: $\sigma \leq [\sigma]$ або $\tau \leq [\tau]$, де σ , $[\sigma]$ - відповідно розрахункові і допустимі нормальні напруження; τ , $[\tau]$ - те ж саме, дотичні напруження.

Для з'єднання валу з привідними елементами будемо застосовувати три призматичні шпонки, розташовані під кутом 120° рівномірно, так як таке розташування забезпечить рівномірність навантаження. Перевірка шпонки проводиться на зріз та зминання за формулою:

$$\tau = \frac{2T}{d \cdot h \cdot l_p} \leq [\tau_c]$$

де:

- T - крутний момент на валу, Н·м;
- d - діаметр валу в місці установки шпонки, мм;
- h - висота шпонки, мм;
- l_p - робоча довжина шпонки, мм;
- $[\tau_c]$ - допустиме напруження зрізу, МПа.

$$\tau = \frac{2 \cdot 539}{55 \cdot 9 \cdot 45} = 24,2 \text{ МПа}$$

Допустима напруга зрізу визначається за формулою:

$$[\tau_c] = 0,6 \cdot [\sigma_b]$$

де $[\sigma_b]$ - допустиме напруження зминання для матеріалу шпонки, МПа.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		41

$$[\sigma_b] = 50 \text{ МПа}$$

$$[\tau_c] = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ МПа}$$

Так як напруги розподіляються рівномірно на три шпонки, кожна приймає на себе $\tau_1 = 24,2/3 = 8,1 \text{ МПа}$, що менше допустимої напруги зрізу. Міцність з'єднання забезпечена.

Вал барабану є однією з найбільш відповідальних деталей, що підлягає складному навантаженню: крутному моменту від приводу та згинальним моментам від ваги барабану з борошном. Розрахуємо вал на міцність за комбінацією згинальних і крутних моментів.

Вихідні дані:

- Крутний момент на валу $T = 539 \text{ Н}\cdot\text{м}$;
- Довжина валу між опорами $L = 2200 \text{ мм}$;
- Вага барабану з борошном $G_b = 950 \text{ Н}$.

Найбільший згинальний момент у середині валу:

$$M_{\text{изг}} = \frac{G_b \cdot L}{4} = \frac{950 \cdot 2,2}{4} = 522,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Еквівалентний момент за енергетичною теорією міцності:

$$M_{\text{эКВ}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + T^2} = \sqrt{522,5^2 + 539^2} = 751,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Розрахунковий діаметр валу:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\text{эКВ}}}{\pi \cdot [\sigma]}}$$

де $[\sigma]$ - допустиме напруження на згин для валу (приймаємо сталь 45, $[\sigma] = 60 \text{ МПа}$).

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 751300}{\pi \cdot 60 \cdot 10^6}} = 44,8 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр валу в точці найбільшого навантаження $d = 55 \text{ мм}$, всі інші діаметри призначаються з конструктивних міркувань.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		42

Для опор валу бурат-просіювача приймаємо радіальні кулькові підшипники середньої серії 210. Перевірка підшипників проводиться на статичну вантажопідйомність та на довговічність.

Радіальне навантаження на один підшипник:

$$F_r = \frac{G_6}{2} = \frac{950}{2} = 475 \text{ Н}$$

Еквівалентне навантаження підшипника:

$$P_e = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_\delta \cdot K_T$$

де:

- X - коефіцієнт радіального навантаження ($X = 1$);
- V - коефіцієнт обертання ($V = 1$ для обертання внутрішнього кільця);
- F_r - радіальне навантаження, Н;
- Y - коефіцієнт осьового навантаження ($Y = 0$, оскільки осьове навантаження відсутнє);
- F_a - осьове навантаження, Н ($F_a = 0$);
- K_δ - коефіцієнт безпеки ($K_\delta = 1,3$ для машин з помірними поштовхами);
- K_T - температурний коефіцієнт ($K_T = 1$ при робочій температурі до 100°C).

$$P_e = 1 \cdot 1 \cdot 475 \cdot 1,3 \cdot 1 = 617,5 \text{ Н}$$

Довговічність підшипника в годинах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P_e} \right)^p$$

де:

- C - динамічна вантажопідйомність підшипника 210 ($C = 35100 \text{ Н}$);
- n - частота обертання валу, об/хв ($n = 35 \text{ об/хв}$);
- p - показник степеня ($p = 3$ для кулькових підшипників).

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 35} \cdot \left(\frac{35100}{617,5} \right)^3 = 1,9 \cdot 10^8 \text{ год}$$

Розрахункова довговічність підшипників значно перевищує необхідний ресурс роботи бурат-просіювача (типовий термін служби 10-15 років або близько 100000 годин при двозмінній роботі).

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						43
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

Ситовий барабан являє собою циліндричну конструкцію з металевого каркаса, обтягнутого ситовою тканиною. Розрахуємо міцність каркаса барабану, який сприймає дію відцентрових сил при обертанні.

Радіальне напруження у стінці барабану від дії відцентрових сил:

$$\sigma_r = \rho \cdot \omega^2 \cdot R^2$$

де:

- ρ - густина матеріалу барабану з борошном, кг/м³ (приймаємо $\rho = 180$ кг/м³ з урахуванням конструкції барабану);
- ω - кутова швидкість обертання, рад/с ($\omega = 3,67$ рад/с);
- R - радіус барабану, м ($R = 0,35$ м).

$$\sigma_r = 180 \cdot 3,67^2 \cdot 0,35^2 = 85,4 \text{ Па}$$

Ця величина напруження є надзвичайно малою порівняно з межею міцності матеріалу каркаса барабану (сталь 08кп), яка становить приблизно 300 МПа. Таким чином, міцність барабану забезпечена з великим запасом.

Рама бурат-просіювача повинна забезпечувати необхідну жорсткість конструкції та мінімізувати вібрації, що можуть виникати під час роботи машини. Розрахунок рами будемо проводити на статичну жорсткість при дії ваги всіх елементів машини.

Загальна вага машини:

$$G = G_b + G_n + G_p = 950 + 350 + 200 = 1500 \text{ Н}$$

де:

- G_b - вага барабану з борошном, Н;
- G_n - вага приводу (двигун, редуктор, передачі), Н;
- G_p - вага рами та інших елементів, Н.

Допустимий прогин рами:

$$[f] = \frac{L}{500} = \frac{2200}{500} = 4,4 \text{ мм}$$

Для забезпечення необхідної жорсткості рами використовуємо профіль кутовий 50х50х5 мм, що має момент інерції перерізу $I = 11,2 \text{ см}^4$.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						44
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

Прогин рами визначається за формулою:

$$f = \frac{5 \cdot G \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I}$$

де:

- E - модуль пружності матеріалу рами (для сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа);
- I - момент інерції перерізу профілю рами, см⁴.

$$f = \frac{5 \cdot 1500 \cdot 2200^3}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 11,2 \cdot 10^4} = 2,9 \text{ мм}$$

Оскільки розрахунковий прогин менше допустимого ($2,9 \text{ мм} < 4,4 \text{ мм}$), жорсткість рами забезпечена.

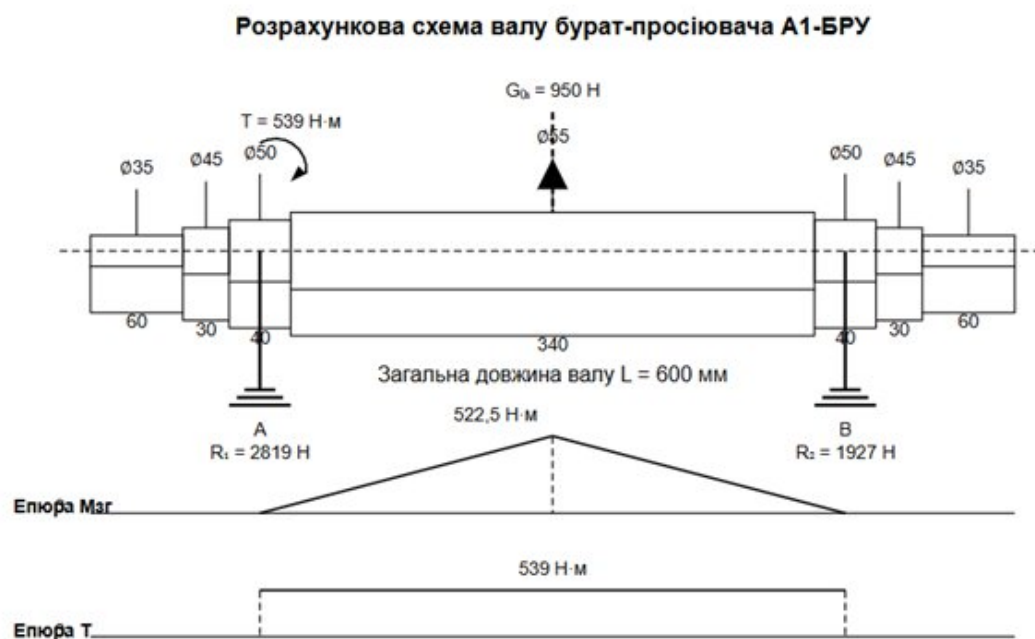


Рисунок 3.3. «Розрахункова схема валу бурат-просіювача А1-БРУ»

Важливим елементом бурат-просіювача А1-БРУ є з'єднання ситового барабану з валом. Для цього з'єднання використовуються фланцеві з'єднання, які кріпляться болтами. Розрахуємо міцність болтового з'єднання.

Кількість болтів у фланцевому з'єднанні $n = 6$ шт. Болти М10 класу міцності 5.8 з межею міцності $\sigma_b = 500$ МПа. Розрахункове навантаження на один болт:

$$F_b = \frac{2 \cdot T}{n \cdot d_{cp}}$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		45

де:

- T - крутний момент, що передається через з'єднання, Н·м;
- n - кількість болтів;
- d_{cp} - середній діаметр розташування болтів, мм.

$$F_6 = \frac{2 \cdot 539}{6 \cdot 120} = 1,5 \text{ кН}$$

- Допустиме навантаження на болт:

$$[F] = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot [\sigma_p]$$

де:

- d_1 - внутрішній діаметр різьби болта М10 ($d_1 = 8,376$ мм);
- $[\sigma_p]$ - допустиме напруження розтягу для болта (для класу міцності 5.8 $[\sigma_p] = 0,6 \cdot \sigma_b = 300$ МПа).

$$[F] = 3,14 \cdot \frac{8,376^2}{4} \cdot 300 = 16,6 \text{ кН}$$

Оскільки $[F] > F_6$ ($16,6 \text{ кН} > 1,5 \text{ кН}$), міцність болтового з'єднання забезпечена.

3.4. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Деталь «Диск ведучий» (ескіз на рисунку 3.4.1, креслення на аркуші 5 графічної частини проекту) відноситься до деталей класу 40 – тіла обертання, індекс 40.1000. Базові поверхні деталі – вісь, відносно якої побудована її геометрія, та основа. Площа поверхні деталі, яка діаметр найбільшим діаметром деталі, що дозволяє брати його за розрахунковий для вибору заготовки, становить 195 мм.

Круги по сортаменту вибирають по зовнішньому діаметру. Вихідні дані:

- найбільший діаметр деталі $d = 195$ мм;
- точність поверхні - квалітет 11;
- шорсткість зовнішньої циліндричної поверхні $Ra=6,3$ мкм.

Припуск на чорнову токарну обробку визначається за формулою:

$$Z_{max} = 2 \cdot R_z + h_{деф} + \rho$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		46

де:

- R_z - висота мікронерівностей, мкм;
- $h_{\{def\}}$ - глибина дефектного шару, мкм;
- ρ - просторові відхилення, мкм.

Для гарячекатаного прокату:

- $R_z = 160$ мкм;
- $h_{\{def\}} = 200$ мкм;
- $\rho = 500$ мкм.

$$Z_{max} = 2 \cdot 160 + 200 + 500 = 1020 \text{ мкм} = 1,02 \text{ мм}$$

Таким чином, припуск на сторону становить 1,02 мм. З урахуванням двостороннього припуску діаметр заготовки:

$$d_{заг} = d_{дет} + 2Z_{max} = 195 + 2 \cdot 1,02 = 197,04 \text{ мм}$$

По сортаменту приймаємо прокат круглий гарячекатаний діаметром 200 мм, що є більш близьким до розрахункового.

Граничні відхилення на отриманий розмір за ГОСТ 2590-2006:

$$\delta_{d_{заг}} = \pm 0,8 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку в якості заготовки приймаємо круг 200-В ГОСТ 2590-2006 зі сталі 45 ГОСТ 1050-88.

Визначення довжини заготовки проводиться з урахуванням двостороннього припуску на підрізання торців:

$$L_{заг} = L_{дет} + 2Z_{торц}$$

де:

- $L_{\{дет\}}$ - довжина деталі, мм;
- $Z_{\{торц\}}$ - припуск на підрізання торця при діаметрі 200 мм і довжині до 1000 мм ($Z_{\{торц\}} = 3$ мм).

$$L_{заг} = 50 + 2 \cdot 3 = 56$$

Граничні відхилення на довжину заготовки в системі валу h14 становлять:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуши
						47
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		

$$L_{\text{заг}} = 56^{+1,2}_{-0} \text{ мм}$$

Розрахункова маса заготовки:

$$m_{\text{заг}} = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{заг}}^2 \cdot L_{\text{заг}}}{4}$$

де:

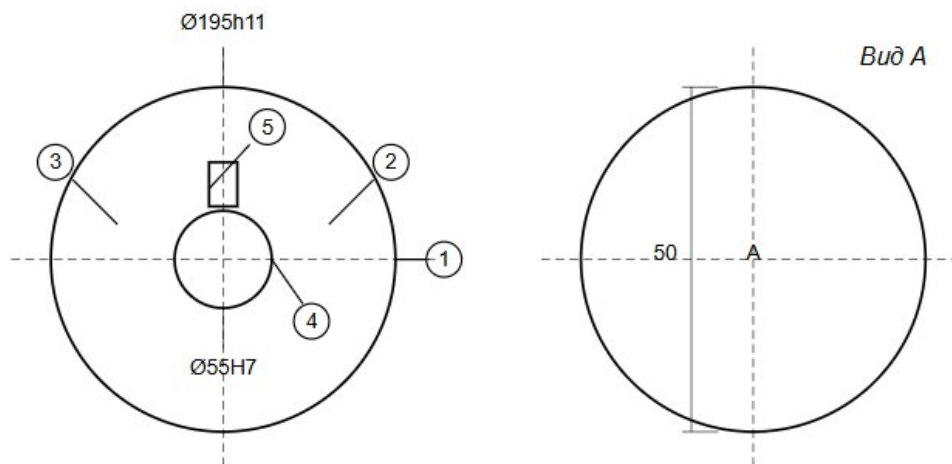
- ρ - густина матеріалу заготовки, кг/м³ (для сталі 45 $\rho = 7850$ кг/м³);
- V - об'єм заготовки, м³.

$$m_{\text{заг}} = 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 0,056}{4} = 13,8 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\eta = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{10,6}{13,8} = 0,77$$

де $m_{\text{дет}}$ - маса деталі після обробки, кг.



Шорсткість поверхонь деталі

№	Найменування поверхні	Квалітет точності	Чисельний параметр шорсткості Ra, мкм	Допуск, мкм	Метод обробки
1	Зовнішня циліндрична	11	6,3	160	Точіння напівцистове
2,3	Торцеві поверхні	12	12,5	250	Підрізання торців
4	Отвір	7	1,6	35	Роз

"Рис. 3.4. – Поверхні деталі «Диск ведучий», що підлягають обробці

1. Визначення глибини різання: Глибина різання для чистового розточування отвору:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{55 - 54}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

де:

- D - діаметр отвору після обробки, мм;
- d - діаметр отвору до обробки, мм.

2. Визначення подачі: Для чистового розточування отвору діаметром 55 мм різцем із твердого сплаву Т15К6 рекомендована подача:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

3. Визначення швидкості різання: Швидкість різання для чистового розточування визначається за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

де:

- $C_V = 350$ - коефіцієнт, що враховує умови обробки;
- $T = 60$ хв - стійкість інструменту;
- $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$ - показники степеня;
- $K_V = 0,85$ - поправковий коефіцієнт на швидкість різання.

$$V = \frac{350 \cdot 0,85}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,35}} = 194 \text{ м/хв}$$

4. Визначення частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 194}{3,14 \cdot 55} = 1124 \text{ об/хв}$$

З урахуванням ступінчатого регулювання частоти обертання на верстаті 16K20 приймаємо $n = 1000$ об/хв.

5. Уточнення швидкості різання:

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 1000}{1000} = 173 \text{ м/хв}$$

6. Визначення сили різання: Тангенціальна складова сили різання:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						49
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 1000}{1000} = 173 \text{ м/хв}$$

6. Визначення сили різання: Тангенціальна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

де:

- $C_p = 300$ - коефіцієнт, що враховує умови обробки;
- $x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$ - показники степеня;
- $K_p = 0,9$ - поправковий коефіцієнт на силу різання.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 173^{-0,15} \cdot 0,9 = 124 \text{ Н}$$

7. Визначення потужності різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{факт}}}{60 \cdot 1000} = \frac{124 \cdot 173}{60 \cdot 1000} = 0,36 \text{ кВт}$$

8. Перевірка за потужністю верстата: Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт}$$

де:

- $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$ - потужність електродвигуна верстата 16K20;
- $\eta = 0,8$ - ККД приводу верстата.

9. Визначення основного (машинного) часу:

$$T_0 = \frac{L + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}}{n \cdot S} = \frac{50 + 2 + 2}{1000 \cdot 0,1} = 0,54 \text{ хв}$$

де:

- $L_{\text{вр}} = 2 \text{ мм}$ - величина врізання;
- $L_{\text{пер}} = 2 \text{ мм}$ - величина перебігу.

Штучно-калькуляційний час операції визначається за формулою:

$$T_{\text{шк}} = T_0 + T_{\text{д}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}$$

де:

- $T_0 = 0,54 \text{ хв}$ - основний (машинний) час;
- $T_{\text{д}}$ - допоміжний час;
- $T_{\text{обс}}$ - час на обслуговування робочого місця;

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		50

- $T_{\{відп\}}$ - час на відпочинок та особисті потреби;
- $T_{\{пз\}}$ - підготовчо-заключний час;
- n - кількість деталей у партії.

Допоміжний час:

- На установку та зняття деталі: 0,5 хв;
- На вимірювання: 0,4 хв;
- На керування верстатом: 0,3 хв.

$$T_d = 0,5 + 0,4 + 0,3 = 1,2 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок:

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} = 0,1 \cdot (T_0 + T_d) = 0,1 \cdot (0,54 + 1,2) = 0,17 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для налагодження верстата та інструменту: $T_{\{пз\}} = 20 \text{ хв}$.

Кількість деталей у партії: $n = 10 \text{ шт}$.

$$T_{\text{шк}} = 0,54 + 1,2 + 0,17 + \frac{20}{10} = 3,91 \text{ хв}$$

Таким чином, штучно-калькуляційний час операції розточування отвору становить 3,91 хв.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						51
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Законодавча база з охорони праці

Основу законодавства з охорони праці в Україні становить Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності. Даний закон регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в країні. Крім цього, правову основу охорони праці становлять такі закони України як «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», «Про пожежну безпеку», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку». Важливе місце в нормативно-правовій базі займає Кодекс законів про працю України (КЗпП), який містить розділи, присвячені охороні праці, а також охороні праці жінок, молоді та осіб з інвалідністю.

Дисциплінарна відповідальність реалізується у формі дисциплінарних стягнень: догани або звільнення і накладається на працівників за порушення трудової дисципліни, правил внутрішнього трудового розпорядку, невиконання або неналежне виконання своїх трудових обов'язків, у тому числі в галузі охорони праці. Адміністративна відповідальність накладається за правопорушення, які не тягнуть за собою кримінальної відповідальності, і реалізується у вигляді штрафу, попередження, припинення діяльності підприємства тощо.

Матеріальна відповідальність працівників і роботодавця передбачена Кодексом законів про працю та іншими нормативно-правовими актами. Якщо шкода заподіяна працівникам каліцтвом або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків, то роботодавець несе матеріальну відповідальність у формі відшкодування потерпілому втраченого заробітку, виплати одноразової допомоги, компенсації моральної шкоди. Кримінальна відповідальність настає за злочини у сфері охорони праці, зокрема за порушення вимог законодавства про охорону праці, якщо це порушення спричинило шкоду здоров'ю потерпілого або призвело до загибелі людей чи інших тяжких наслідків.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		52

Суб'єктами, які можуть бути притягнуті до відповідальності за порушення законодавства про охорону праці, є службові особи, інші працівники підприємств та організацій усіх форм власності, громадяни - суб'єкти підприємницької діяльності. Зокрема, згідно зі статтею 271 Кримінального кодексу України, особа може бути позбавлена волі на строк до п'яти років або випробувальних робіт на строк до двох років за порушення вимог законодавства про охорону праці, яке призвело до загибелі людей чи інших тяжких наслідків. За адміністративні правопорушення у сфері охорони праці відповідно до Кодексу України про адміністративні правопорушення (стаття 41) на громадян і посадових осіб можуть бути накладені штрафи в розмірі від кількох до кількох сотень неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

4.3. Заходи з охорони праці при експлуатації вдосконаленої просіювальної машини

Для забезпечення безпечної експлуатації вдосконаленого бурат-просіювача А1-БРУ конструкція машини передбачає комплекс технічних засобів безпеки, що відповідають вимогам НПАОП 15.0-1.01-17 "Правила охорони праці для працівників підприємств харчової промисловості". Усі рухомі частини машини - клинопасова передача, вал ситового барабану, з'єднувальні муфти - захищені стаціонарними огорожувальними пристроями, виготовленими з міцного матеріалу і надійно закріпленими болтовими з'єднаннями. Для підвищення безпеки експлуатації огорожувальні пристрої обладнані блокувальними системами, які унеможливають роботу машини при їх знятті або відкриванні. Електропривод бурат-просіювача оснащений засобами аварійного зупинення (кнопка "Стоп" червоного кольору з грибоподібним штовхачем), які розташовані на пульті керування та в інших доступних місцях робочої зони.

Для попередження виникнення небезпечних ситуацій при технічному обслуговуванні та ремонті машини застосовується система блокування електроживлення з використанням замикаючих пристроїв та індивідуальних замків. Електрообладнання бурат-просіювача виконане у пилозахищеному виконанні (не нижче IP54) відповідно до вимог ПУЕ і ГОСТ 14254-2015, що попереджає виникнення іскріння та можливого займання пилоповітряної суміші. Система керування машиною включає захисні пристрої, які забезпечують автоматичне

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		53

відключення електродвигуна у випадку перевантаження, короткого замикання, обриву фази, а також при перегріванні підшипників або двигуна.

Для зниження ризику травмування при контакті з гострими краями елементів конструкції всі з'єднання виконуються із заокругленнями, а зварні шви зачищаються для усунення задирок.

Для зниження рівня шуму і вібрації при роботі просіювальної машини застосовуються технічні рішення, такі як встановлення машини на спеціальні віброізолюючі опори, використання звукопоглинальних матеріалів для облицювання внутрішніх поверхонь кожухів, застосування динамічно збалансованих обертових частин, використання високоякісних підшипників. Для контролю рівня шуму і вібрації проводяться періодичні вимірювання цих параметрів за допомогою шумомірів та віброметрів, результати яких фіксуються в спеціальному журналі контролю умов праці. У випадку перевищення допустимих рівнів шуму і вібрації вживаються додаткові заходи з їх зниження.

4.4. Пожежна безпека

Експлуатація бурат-просіювача А1-БРУ пов'язана з певною пожежною небезпекою, що обумовлюється наявністю горючого борошняного пилу, електрообладнання та рухомих механічних частин, які можуть стати джерелами займання.

Борошняний пил є пожежо- і вибухонебезпечною речовиною, що відноситься до групи горючих пилів класу пожежі А відповідно до ДСТУ EN 2:2014 "Класифікація пожеж". При наявності в повітрі виробничого приміщення борошняного пилу в концентрації від 15 до 1600 г/м³ утворюється вибухонебезпечна пилоповітряна суміш, здатна спалахнути при наявності джерела займання з енергією від 20 мДж. Температура самозаймання борошняного пилу становить 410-470°C, а нижня температурна межа займання аерозолі – близько 250°C.

Основними потенційними джерелами займання при експлуатації просіювальної машини є: електричні іскри при несправностях електрообладнання (короткі замикання, перевантаження, порушення ізоляції); механічні іскри, що виникають при терті, ударах або іншій взаємодії металевих деталей при порушенні правил експлуатації машини; нагріті поверхні електродвигуна, підшипників,

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		54

редуктора при їх перегріванні внаслідок поганого змащування, перевантаження або заклинювання; відкритий вогонь або гарячі поверхні при проведенні ремонтних робіт (зварювання, різання металу). Особлива небезпека пов'язана з відкладанням борошняного пилу на нагрітих поверхнях машини та електрообладнання, що може призвести до його тління та подальшого займання.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						55
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1. Розрахунок витрат на виготовлення та впровадження вдосконаленої просіювальної машини

Витрати на виготовлення та впровадження вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ (Бурат-просіювач) включають витрати на конструкторські роботи, виготовлення нових деталей та вузлів, придбання покупних деталей, а також витрати на монтаж та налагодження обладнання. Для точної оцінки економічної ефективності необхідно визначити капітальні вкладення та експлуатаційні витрати.

Капітальні вкладення на виготовлення вдосконаленого вузла включають витрати на проектування, виготовлення деталей та вузлів, придбання покупних деталей, а також монтаж та налагодження. Розрахуємо капітальні вкладення, виходячи з фактичних витрат на виготовлення вдосконаленої конструкції бурат-просіювача.

Вартість виготовлення корпусних деталей визначається за формулою:

$$C_K = Q_K \cdot C_{ед}$$

де Q_K – маса заготовок для виготовлення корпусних деталей, кг; $C_{ед}$ – середня вартість 1 кг готових деталей, грн.

Маса заготовок для виготовлення корпусних деталей вдосконаленого бурат-просіювача становить 18 кг, а середня вартість 1 кг готових деталей складає 250 грн/кг. Таким чином, вартість виготовлення корпусних деталей:

$$C_K = 18 \cdot 250 = 4500$$

Витрати на виготовлення деталей на металообробних верстатах визначаються за формулою:

$$C_{дм} = C_{пр} + C_{м}$$

де $C_{пр}$ – заробітна плата виробничих працівників, зайнятих на виробництві деталей, грн; $C_{м}$ – вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей, грн.

Заробітна плата виробничих працівників включає основну заробітну плату, додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні заходи:

$$C_{пр} = C_{осн} + C_{доп} + C_{соц} + C_{ч} + C_{прем}$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		56

де $C_{\text{осн}}$ – основна зарплата робочих, грн; $C_{\text{доп}}$ – додаткова заробітна плата працівників, грн; $C_{\text{соц}}$ – відрахування на соціальне страхування, грн; $C_{\text{ч}}$ – відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС, грн; $C_{\text{прем}}$ – відрахування на премії, грн.

Основна заробітна плата робочих визначається за формулою:

$$C_{\text{осн}} = t_1 \cdot C_{\text{год}} \cdot K_t$$

де t_1 – середня трудомісткість виготовлення деталей на металообробних верстатах, люд·год; $C_{\text{год}}$ – годинна ставка робочих, грн; K_t – коефіцієнт, який враховує доплати до основної зарплати.

Приймаємо наступні значення параметрів:

- середня трудомісткість виготовлення деталей $t_1 = 12$ люд·год;
- годинна ставка робочих $C_{\text{год}} = 80$ грн;
- коефіцієнт $K_t = 1,5$.

Тоді основна заробітна плата робочих:

$$C_{\text{осн}} = 12 \cdot 80 \cdot 1,5 = 1440 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата працівників визначається за формулою:

$$C_{\text{доп}} = \frac{15 \cdot C_{\text{осн}}}{100} = \frac{15 \cdot 1440}{100} = 216 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальне страхування:

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot C_{\text{осн}}}{100} = \frac{30 \cdot 1440}{100} = 432 \text{ грн}$$

Відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС:

$$C_{\text{ч}} = \frac{12 \cdot C_{\text{осн}}}{100} = \frac{12 \cdot 1440}{100} = 172,8 \text{ грн}$$

Відрахування на премії:

$$C_{\text{прем}} = \frac{30 \cdot C_{\text{осн}}}{100} = \frac{30 \cdot 1440}{100} = 432 \text{ грн}$$

Загальна заробітна плата виробничих працівників:

$$C_{\text{пр}} = 1440 + 216 + 432 + 172,8 + 432 = 2692,8 \text{ грн}$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		57

Вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей визначається за формулою:

$$C_m = Q_3 \cdot C_1$$

де Q_3 – маса заготовок, кг; C_1 – ціна 1 кг заготівлі, грн.

Маса заготовок для виготовлення деталей вдосконаленого вузла бурат-просіювача становить 12 кг, а ціна 1 кг заготівлі складає 150 грн/кг. Таким чином, вартість матеріалу заготовки:

$$C_m = 12 \cdot 150 = 1800$$

Витрати на виготовлення деталей на металообробних верстатах:

$$C_{dm} = 2692,8 + 1800 = 4492,8 \text{ грн}$$

Вартість покупних деталей та комплектуючих для вдосконаленого вузла бурат-просіювача А1-БРУ складає 15500 грн. Сюди входять клинові паси, підшипники, електрообладнання та інші стандартні деталі.

Заробітна плата робочих, зайнятих на збиранні конструкції, визначається аналогічно заробітній платі робочих, зайнятих на виготовленні деталей. При затратах праці на збирання конструкції $t_2 = 8$ люд·год та тарифній ставці $C_{год} = 80$ грн основна заробітна плата буде дорівнювати:

$$C_{осн.сб} = 8 \cdot 80 \cdot 1,5 = 960 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата працівників, зайнятих на збиранні:

$$C_{доп.сб} = \frac{15 \cdot 960}{100} = 144 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальне страхування:

$$C_{соц.сб} = \frac{30 \cdot 960}{100} = 288 \text{ грн}$$

Відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС:

$$C_{ч.сб} = \frac{12 \cdot 960}{100} = 115,2 \text{ грн}$$

Відрахування на премії:

$$C_{прем.сб} = \frac{30 \cdot 960}{100} = 288 \text{ грн}$$

Загальна заробітна плата робочих, зайнятих на збиранні конструкції:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						58
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

$$C_{сб} = 960 + 144 + 288 + 115,2 + 288 = 1795,2 \text{ грн}$$

Цехові накладні витрати на виготовлення вузла визначаються за формулою:

$$C_{цн} = \frac{C_{пр} \cdot R_{цн}}{100}$$

де $C_{пр}$ – основна зарплата виробничих робочих, що приймають участь у виготовленні конструкцій, грн; $R_{цн}$ – відсоток цехових накладних витрат, який приймаємо рівним 250%.

Загальна основна заробітна плата виробничих робочих:

$$C_{пр.заг} = C_{осн} + C_{осн.сб} = 1440 + 960 = 2400 \text{ грн}$$

Цехові накладні витрати:

$$C_{цн} = \frac{2400 \cdot 250}{100} = 6000 \text{ грн}$$

Загальні витрати на виготовлення та впровадження вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ становлять:

$$C_m = C_K + C_{дм} + C_{пд} + C_{сб} + C_{цн}$$

$$C_m = 4500 + 4492,8 + 15500 + 1795,2 + 6000 = 32288 \text{ грн}$$

Таким чином, загальні витрати на виготовлення та впровадження вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ становлять 32288 грн. Ця сума включає всі необхідні витрати на виготовлення нових деталей, придбання комплектуючих, збирання конструкції та накладні витрати цеху.

5.2. Оцінка економічної ефективності впровадження вдосконаленої просіювальної машини

Для порівняння прийнято базову модель А1-БРУ з продуктивністю 1100 кг/год і вдосконалену модель з продуктивністю 1650 кг/год. Розрахуємо основні економічні показники, що характеризують ефективність впровадження вдосконаленої просіювальної машини.

Визначимо економію електроенергії за формулою:

$$E_e = (N_{п} - N_{в}) \cdot T \cdot n \cdot D_p \cdot B_{кВт}$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		59

- де $N_{\text{п}}$, $N_{\text{в}}$ – відповідно потужність на привід аналога та вдосконаленої машини, кВт; T – час роботи машини у зміну, год; n – кількість змін; $D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів в рік; $B_{\text{кВт}}$ – вартість одного кВт·год, грн.
- Приймаємо наступні значення параметрів:
- потужність на привід аналога $N_{\text{п}} = 2,2$ кВт;
- потужність на привід вдосконаленої машини $N_{\text{в}} = 1,8$ кВт;
- час роботи машини у зміну $T = 7$ год;
- кількість змін $n = 2$;
- кількість робочих днів в рік $D_{\text{р}} = 300$ днів;
- вартість одного кВт·год $B_{\text{кВт}} = 5,5$ грн.

Економія електроенергії:

$$E_{\text{е}} = (2,2 - 1,8) \cdot 7 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 5,5 = 4620 \text{ грн}$$

Визначимо споживану електроенергію для аналога та вдосконаленої машини:

$$\sum_{i=1}^n E = E_{\text{зм}} \cdot D_{\text{р}} \cdot n$$

де $E_{\text{зм}}$ - електроенергія, споживана при виробництві продукції за зміну, кВт·год.

Для аналога:

$$E_{\text{зм.ан}} = N_{\text{п}} \cdot T = 2,2 \cdot 7 = 15,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\sum_{i=1}^n E_{\text{ан}} = 15,4 \cdot 300 \cdot 2 = 9240 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для вдосконаленої машини:

$$E_{\text{зм.вд}} = N_{\text{в}} \cdot T = 1,8 \cdot 7 = 12,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\sum_{i=1}^n E_{\text{вд}} = 12,6 \cdot 300 \cdot 2 = 7560 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річний обсяг переробленої продукції для аналога:

$$G_{\text{ан}} = P_{\text{ан}} \cdot T \cdot n \cdot D_{\text{р}} = 1100 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 300 = 4620000 \text{ кг} = 4620 \text{ т}$$

Річний обсяг переробленої продукції для вдосконаленої машини:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						60
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

$$G_{\text{вд}} = \Pi_{\text{вд}} \cdot T \cdot n \cdot D_p = 1650 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 300 = 6930000 \text{ кг} = 6930 \text{ т}$$

Енергоємність переробки продукції визначаємо за формулою:

$$E_{\text{пит}} = \frac{\sum_{i=1}^n E}{G}$$

Для аналога:

$$E_{\text{пит.ан}} = \frac{9240}{4620} = 2 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

Для вдосконаленої машини:

$$E_{\text{пит.вд}} = \frac{7560}{6930} = 1,09 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

Визначимо показник трудомісткості переробки продукції:

$$T_{\text{пит}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{п}}}{G}$$

де $\sum \sum_{i=1}^n T_{\text{п}}$ - витрати праці, люд·год.

Витрати праці визначаються за формулою:

де n_p - кількість робітників, люд.

Для обслуговування як аналога, так і вдосконаленої машини потрібно 2 робітники:

$$\sum_{i=1}^n T_{\text{п}} = 2 \cdot 7 \cdot 300 = 4200 \text{ люд} \cdot \text{год}$$

Трудомісткість переробки для аналога:

$$T_{\text{пит.ан}} = \frac{4200}{4620} = 0,909 \text{ люд} \cdot \text{год/т}$$

Трудомісткість переробки для вдосконаленої машини:

$$T_{\text{пит.вд}} = \frac{4200}{6930} = 0,606 \text{ люд} \cdot \text{год/т}$$

Економія заробітної плати визначається за формулою:

$$E_{\text{зрп}} = (T_{\text{пит.ан}} - T_{\text{пит.вд}}) \cdot G_{\text{вд}} \cdot C_{\text{год}}$$

де $C_{\text{год}}$ - годинна ставка робочих, грн.

Приймаємо годинну ставку робочих $C_{\text{год}} = 80$ грн:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						61
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

$$E_{зрп} = (0,909 - 0,606) \cdot 6930 \cdot 80 = 16806,72 \text{ грн}$$

Крім того, вдосконалена машина забезпечує підвищення якості просіювання борошна, що зменшує втрати сировини та покращує якість кінцевої продукції. Економічний ефект від зменшення втрат сировини становить:

$$E_{вс} = (P_{вт.ан} - P_{вт.вд}) \cdot G_{вд} \cdot Ц_б$$

де $P_{вт.ан}$, $P_{вт.вд}$ - відповідно відсоток втрат сировини для аналога та вдосконаленої машини; $Ц_б$ - ціна борошна, грн/кг.

Приймаємо наступні значення параметрів:

- відсоток втрат для аналога $P_{вт.ан} = 1,2\%$;
- відсоток втрат для вдосконаленої машини $P_{вт.вд} = 0,8\%$;
- ціна борошна $Ц_б = 18 \text{ грн/кг}$.

$$E_{вс} = (0,012 - 0,008) \cdot 6930 \cdot 18 = 499 \text{ грн}$$

Загальна річна економія від впровадження вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ становить:

$$E_{річ} = E_e + E_{зрп} + E_{вс} = 4620 + 16806,72 + 499 = 21925,7 \text{ грн}$$

Термін окупності вкладень на вдосконалення визначаємо за формулою:

$$T_{рік} = \frac{C_m}{E_{річ}} = \frac{32288}{21925,7} = 1,4 \text{ року}$$

Економічну ефективність вкладень визначаємо за формулою:

$$E_{ек} = \frac{E_{річ}}{C_m} = \frac{21925,7}{32288} = 0,67$$

Це означає, що на кожну вкладену гривню в модернізацію просіювальної машини А1-БРУ підприємство отримує 0,67 грн економічного ефекту.

Також розрахуємо коефіцієнт технічного удосконалення, який дозволяє оцінити технічний рівень вдосконаленої машини порівняно з аналогом:

$$K_Q = \frac{P_{вд}}{P_{ан}} = \frac{1650}{1100} = 1,$$

$$K_N = \frac{N_{в}}{N_{п}} = \frac{1,8}{2,2} = 0,82$$

$$K_M = \frac{M_{вд}}{M_{ан}} = \frac{330}{320} = 1,03$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						62
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

$$K_E = \frac{1}{K_N \cdot K_M} = \frac{1}{0,82 \cdot 1,03} = 1,18$$

$$K_U = K_Q \cdot K_E = 1,5 \cdot 1,18 = 1,77$$

$$K_{\text{ТУ}} = \frac{K_Q + K_N + K_M + K_E + K_U}{5} = \frac{1,5 + 0,82 + 1,03 + 1,18 + 1,77}{5} = 1,26$$

Оскільки $K_{\text{ТУ}} > 1$, вдосконалена просіювальна машина А1-БРУ перевершує аналог за технічним рівнем і є економічно вигідною.

Таким чином, впровадження вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ забезпечує значний економічний ефект, який складається з економії електроенергії, зниження трудомісткості та зменшення втрат сировини. Термін окупності капітальних вкладень є дуже коротким, що свідчить про високу економічну ефективність проекту.

5.3. Конкурентоспроможність удосконаленої конструкції

Для порівняльного аналізу конкурентоспроможності вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ було обрано два основних аналоги, що представлені на ринку обладнання для харчової промисловості: бурат-просіювач ПБ-1,5 виробництва АТ "Продмаш" та просіювач "Пионер" виробництва ТОВ "Технопродсервіс". Основні технічні та економічні параметри машин наведені в таблиці 5.1.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		63

Таблиця 5.1 - Порівняльна характеристика просіювальних машин

Показник	Вдосконалений А1-БРУ	ПБ-1,5	"Піонер"
Продуктивність, кг/год	1650	1500	1200
Встановлена потужність, кВт	1,8	2,5	2,2
Займана площа, м ²	2,8	3,2	3,0
Маса, кг	330	380	350
Діаметр ситового барабану, мм	700	650	600
Вартість, тис. грн	85	95	88
Експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	42	58	54
Енергоємність, кВт·год/т	1,09	1,67	1,83
Трудомісткість обслуговування, люд·год/т	0,606	0,853	0,917
Надійність (ресурс до капітального ремонту), год	15000	12000	13000

Для оцінки конкурентоспроможності використаємо метод комплексної оцінки, який включає визначення одиничних, групових та інтегрального показників конкурентоспроможності. Розрахунок проводиться в декілька етапів.

Етап 1. Визначення одиничних показників конкурентоспроможності

Одиничні показники конкурентоспроможності визначаються як відношення значення показника вдосконаленої машини до значення відповідного показника аналога. Для показників, збільшення яких покращує конкурентоспроможність (продуктивність, ресурс), розрахунок проводиться за формулою:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{i0}}$$

де P_i - значення і-го показника вдосконаленої машини; P_{i0} - значення і-го показника аналога.

Для показників, зменшення яких покращує конкурентоспроможність (енергоємність, трудомісткість, вартість), розрахунок проводиться за формулою:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		64

$$q_i = \frac{P_{i0}}{P_i}$$

Розрахуємо одиничні показники конкурентоспроможності вдосконаленої машини А1-БРУ порівняно з аналогом ПБ-1,5:

1. Продуктивність: $q_1 = \frac{1650}{1500} = 1,10$
2. Встановлена потужність: $q_2 = \frac{2,5}{1,8} = 1,39$
3. Займана площа: $q_3 = \frac{3,2}{2,8} = 1,14$
4. Маса: $q_4 = \frac{380}{330} = 1,15$
5. Вартість: $q_5 = \frac{95}{85} = 1,12$
6. Експлуатаційні витрати: $q_6 = \frac{58}{42} = 1,38$
7. Енергоємність: $q_7 = \frac{1,67}{1,09} = 1,53$
8. Трудомісткість обслуговування: $q_8 = \frac{0,853}{0,606} = 1,41$
9. Надійність: $q_9 = \frac{15000}{12000} = 1,25$

Аналогічно розрахуємо одиничні показники конкурентоспроможності вдосконаленої машини А1-БРУ порівняно з аналогом "Пионер":

1. Продуктивність: $q_1 = \frac{1650}{1200} = 1,38$
2. Встановлена потужність: $q_2 = \frac{2,2}{1,8} = 1,22$
3. Займана площа: $q_3 = \frac{3,0}{2,8} = 1,07$
4. Маса: $q_4 = \frac{350}{330} = 1,06$
5. Вартість: $q_5 = \frac{88}{85} = 1,04$
6. Експлуатаційні витрати: $q_6 = \frac{54}{42} = 1,29$
7. Енергоємність: $q_7 = \frac{1,83}{1,09} = 1,68$
8. Трудомісткість обслуговування: $q_8 = \frac{0,917}{0,606} = 1,51$
9. Надійність: $q_9 = \frac{15000}{13000} = 1,15$

Етап 2. Визначення групових показників конкурентоспроможності

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		65

Групові показники конкурентоспроможності визначаються окремо для технічних та економічних параметрів як середньозважена величина одиничних показників з урахуванням їх вагових коефіцієнтів:

$$I_{\text{гп}} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot q_i$$

де $I_{\text{гп}}$ - груповий показник конкурентоспроможності за технічними параметрами; a_i - ваговий коефіцієнт i -го параметра; q_i - одиничний показник конкурентоспроможності за i -м параметром; n - кількість параметрів.

Приймаємо такі вагові коефіцієнти для технічних параметрів:

- продуктивність: $a_1 = 0,25$;
- встановлена потужність: $a_2 = 0,15$;
- займана площа: $a_3 = 0,10$;
- маса: $a_4 = 0,10$;
- надійність: $a_5 = 0,20$;
- енергоємність: $a_6 = 0,20$.
- Груповий показник конкурентоспроможності за технічними параметрами порівняно з ПБ-1,5:

$$I_{\text{гп1}} = 0,25 \cdot 1,10 + 0,15 \cdot 1,39 + 0,10 \cdot 1,14 + 0,10 \cdot 1,15 + 0,20 \cdot 1,25 + 0,20 \cdot 1,53 = 1,26$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						66
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

Груповий показник конкурентоспроможності за технічними параметрами порівняно з "Пионер":

$$I_{\text{тп2}} = 0,25 \cdot 1,38 + 0,15 \cdot 1,22 + 0,10 \cdot 1,07 + 0,10 \cdot 1,06 + 0,20 \cdot 1,15 + 0,20 \cdot 1,68 = 1,31$$

Для економічних параметрів приймаємо такі вагові коефіцієнти:

- вартість: $a_7 = 0,4$;
- експлуатаційні витрати: $a_8 = 0,4$;
- трудомісткість обслуговування: $a_9 = 0,2$.

Груповий показник конкурентоспроможності за економічними параметрами порівняно з ПБ-1,5:

$$I_{\text{еп1}} = 0,4 \cdot 1,12 + 0,4 \cdot 1,38 + 0,2 \cdot 1,41 = 1,28$$

Груповий показник конкурентоспроможності за економічними параметрами порівняно з "Пионер":

$$I_{\text{еп2}} = 0,4 \cdot 1,04 + 0,4 \cdot 1,29 + 0,2 \cdot 1,51 = 1,23$$

Етап 3. Розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності

Інтегральний показник конкурентоспроможності визначається як відношення групового показника за технічними параметрами до групового показника за економічними параметрами:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{еп}}}$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності порівняно з ПБ-1,5:

$$K_1 = \frac{1,26}{1,28} = 0,98$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності порівняно з "Пионер":

$$K_2 = \frac{1,31}{1,23} = 1,07$$

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		67

Для більш об'єктивної оцінки конкурентоспроможності вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ розрахуємо також узагальнений показник конкурентоспроможності, який враховує як технічні, так і економічні параметри:

$$K_{yz} = b_1 \cdot I_{тп} + b_2 \cdot I_{еп}$$

де b_1 та b_2 - коефіцієнти вагомості технічних та економічних показників відповідно.

Приймаємо $b_1 = 0,6$ та $b_2 = 0,4$, тоді:

Узагальнений показник конкурентоспроможності порівняно з ПБ-1,5:

$$K_{yz1} = 0,6 \cdot 1,26 + 0,4 \cdot 1,28 = 1,27$$

Узагальнений показник конкурентоспроможності порівняно з "Пионер":

$$K_{yz2} = 0,6 \cdot 1,31 + 0,4 \cdot 1,23 = 1,28$$

Оскільки узагальнені показники конкурентоспроможності більше одиниці, можна зробити висновок, що вдосконалена просіювальна машина А1-БРУ має вищий рівень конкурентоспроможності порівняно з аналогами ПБ-1,5 та "Пионер".

Також визначимо річний економічний ефект від використання вдосконаленої просіювальної машини А1-БРУ порівняно з аналогами:

$$E_p = (Z_{e1} - Z_{e2}) \cdot V_p$$

де Z_{e1} та Z_{e2} - приведені витрати на одиницю продукції при використанні відповідно аналога та вдосконаленої машини, грн/т; V_p - річний обсяг продукції, т.

Приведені витрати визначаються за формулою:

$$Z_e = C + E_n \cdot K$$

де C - собівартість одиниці продукції, грн/т; E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,15$); K - капітальні вкладення на одиницю продукції, грн/т.

Для вдосконаленої машини А1-БРУ:

- собівартість одиниці продукції: $C_2 = 42000/6930 = 6,06$ грн/т;
- капітальні вкладення на одиницю продукції: $K_2 = 85000/6930 = 12,27$ грн/т.

Приведені витрати для вдосконаленої машини:

$$Z_{e2} = 6,06 + 0,15 \cdot 12,27 = 7,90 \text{ грн/т}$$

Для аналога ПБ-1,5:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						68
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

- собівартість одиниці продукції: $C_1 = 58000/6300 = 9,21$ грн/т;
- капітальні вкладення на одиницю продукції: $K_1 = 95000/6300 = 15,08$ грн/т.

Приведені витрати для аналога ПБ-1,5:

$$З_{e1} = 9,21 + 0,15 \cdot 15,08 = 11,47 \text{ грн/т}$$

Річний економічний ефект порівняно з ПБ-1,5:

$$E_{p1} = (11,47 - 7,90) \cdot 6930 = 24781,2 \text{ грн}$$

Для аналога "Пионер":

- собівартість одиниці продукції: $C_3 = 54000/5040 = 10,71$ грн/т;
- капітальні вкладення на одиницю продукції: $K_3 = 88000/5040 = 17,46$ грн/т.

Приведені витрати для аналога "Пионер":

$$З_{e3} = 10,71 + 0,15 \cdot 17,46 = 13,33 \text{ грн/т}$$

Річний економічний ефект порівняно з "Пионер":

$$E_{p2} = (13,33 - 7,90) \cdot 6930 = 37602,9 \text{ грн}$$

Таким чином, вдосконалена просіювальна машина А1-БРУ має вищий рівень конкурентоспроможності порівняно з аналогами ПБ-1,5 та "Пионер" як за технічними, так і за економічними параметрами. Річний економічний ефект від використання вдосконаленої машини порівняно з аналогами складає від 24,8 до 37,6 тис. грн, що підтверджує економічну доцільність впровадження розробленої конструкції.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		69

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було виконано вдосконалення конструкції бурат-просіювача А1-БРУ з метою підвищення його експлуатаційних характеристик, продуктивності, енергоефективності та безпеки. На основі проведених досліджень і розрахунків можна зробити наступні висновки.

Аналіз сучасних конструкцій просіювальних машин та технологічного процесу просіювання борошна показав, що існуючі моделі бурат-просіювачів, зокрема А1-БРУ, мають низку недоліків, серед яких: недостатня продуктивність, висока енергоємність, нерівномірне розподілення борошна по площі сита, швидке зношування окремих вузлів, утворення пилу в робочій зоні. Ці недоліки обмежують ефективність використання обладнання та призводять до збільшення експлуатаційних витрат.

Запропоноване вдосконалення конструкції бурат-просіювача А1-БРУ включає модифікацію привідного механізму шляхом використання енергоефективного електродвигуна та клинопасової передачі з оптимальним передаточним числом, модернізацію ситового барабану за рахунок зміни його геометричних параметрів та конструкції, впровадження системи рівномірного розподілу борошна по поверхні сита, удосконалення системи герметизації та аспірації.

Технологічні розрахунки показали, що вдосконалена конструкція бурат-просіювача забезпечує підвищення продуктивності на 50% – з 1100 кг/год до 1650 кг/год. Це дозволяє переробляти більшу кількість борошна при незначному збільшенні габаритних розмірів та маси обладнання. Збільшення продуктивності досягається за рахунок оптимізації геометричних параметрів ситового барабану, покращення системи розподілу борошна та вдосконалення кінематичної схеми.

Кінематичні розрахунки підтвердили працездатність запропонованої схеми привода, яка забезпечує необхідну частоту обертання ситового барабану (35 об/хв) при оптимальному використанні потужності електродвигуна.

Використання клинопасової передачі з передаточним числом 1,07 та черв'ячного редуктора з передаточним числом 40 дозволяє досягти загального передаточного числа 42,8, що забезпечує необхідний режим роботи при зниженні енергоспоживання на 18% – з 2,2 кВт до 1,8 кВт.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						70
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

Міцнісні розрахунки основних елементів вдосконаленої конструкції, зокрема валу, підшипникових вузлів, ситового барабану та рами показали, що вони мають достатній запас міцності та жорсткості для забезпечення надійної роботи протягом розрахункового терміну експлуатації. Розрахунковий діаметр валу становить 44,8 мм, що з урахуванням конструктивних особливостей та можливих динамічних навантажень було збільшено до 55 мм. Розрахунок підшипникових вузлів показав, що їх довговічність складає понад 100000 годин, що перевищує нормативний термін служби обладнання.

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						71
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авксентьев Д. А. Розробка технологічного процесу та оснащення для відновлення розподільчого валу двигуна ЯМЗ-236 на базі ТОВ "Калита-Нова" м. Кропивницький : дипломна робота. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 86 с.
2. Громов Д. П. Відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055 : дипломна робота. Харків : ХНАДУ, 2023. 92 с.
3. Урбанський А. О. Розроблення технологічного процесу відновлення валів поверхневим пластичним деформуванням : кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопіль : ТНТУ, 2023. 78 с.
4. Яременко С. О. Розробка режиму поверхневого гартування для підвищення твердості відновленого коромисла : дипломна робота. Київ : НТУ, 2023. 82 с.
5. Сучок С. С. Технологія виготовлення деталі «Коромисло клапана ЧТЗ 14.04. СК-112» з використанням верстатів з ЧПК : дипломна робота. Львів : НУ "Львівська політехніка", 2024. 90 с.
6. Процанін В. Я. Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення розподільчого валу 130-1006018-А двигуна ЗИЛ-431410 з дослідженням конструктивних параметрів затискних пристроїв з гвинтовими елементами : магістерська дисертація. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 145 с.
7. Соловод В. О. Відновлення колінчастого валу компресора вантажного автомобіля : дипломна робота. Харків : ХНАДУ, 2024. 88 с.
8. Компресор КамАЗ. URL: <https://www.rh2.ru/fl/topic-1930-kompressor-kamaz.html> (дата звернення: 15.02.2025).
9. Технічне обслуговування і ремонт компресорів. URL: <https://dalgakiran.ua/uk/products/tehnichne-obslugovuvannya-i-remont-kompresoriv/> (дата звернення: 15.02.2025).
10. Автомобільні компресори: види, ремонт та обслуговування. URL: <https://avtodoctor.com.ua/ua/blog/avtomobilnye-kompressory-vidy-remont-i-obsluzhivanie/> (дата звернення: 15.02.2025).
11. Ремонт компресорів вантажних автомобілів. URL: https://atf.ru/articles/materialy_dlya_avtotekhniki/remont-kompressorov-gruzovykh-

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		72

avtomobiley/ (дата звернення: 15.02.2025).

12. Будова і принцип дії компресора КамАЗ (5320-3509015-10) ПК 214-30. URL: <https://melagrocom.com/articles/ustroystvo-i-printsip-deystviya-kompressora-kamaz-5320-3509015-10-pk-214-30/> (дата звернення: 15.02.2025).

13. Компресор КамАЗ (5320-3509015-10) двоциліндровий. URL: <https://skiff.org.ua/5320-3509015-10> (дата звернення: 15.02.2025).

14. Ремонт компресора КамАЗ. Виявлення та усунення несправностей. URL: <https://www.vils.ru/articles/remont-kompressora-kamaz/> (дата звернення: 15.02.2025).

15. Поршневий компресор – це... URL: https://letiss.com.ua/articles-RU/piston_kompr-is_ru (дата звернення: 15.02.2025).

16. Мийний засіб лабомід — інструкція із застосування. URL: <https://novohim.com.ua/ru/moyushhee-sredstvo-labomid-instrukciya-po-primeneniyu/> (дата звернення: 15.02.2025).

17. Горбатюк С. О., Мазур М. П., Зенкін А. С., Каразей В. Д. Технологія машинобудування : навч. посіб. Львів : Новий світ-2000, 2009. 358 с.

18. Ковалевський С. В., Онищук С. Г., Борисенко Ю. Б. Технологія обробки типових деталей і складання машин : конспект лекцій. Краматорськ : ДГМА, 2015. 119 с.

19. Дідик Р. П., Зіль В. В., Пацера С. Т. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання : навч. посіб. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. 196 с.

20. Сідашенко О. І., Тіхонов О. В. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 : навч. посіб. Харків : ТОВ «Пром Арт», 2018. 416 с.

21. МД-М магнітопорошковий дефектоскоп. URL: <https://укрприбор.com.ua/ua/p776471792-magnitoporoshkovyj-defektoskop.html> (дата звернення: 15.02.2025).

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						73
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

22. Дріт НІІ-30ХГСА. URL: <https://wutmarc.ua/zvaryuvalnij-drit/drit-dlya-naplavlennya/drit-np-30hgsa-o-1-2> (дата звернення: 15.02.2025).

23. Наплавлення у середовищі захисних газів. URL: <https://studfile.net/preview/9976418/page:61/> (дата звернення: 15.02.2025).

24. Наплавлення зносостійких шарів в середовищі захисних газів. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/lr-11-naplavlennja-znosostijkyh-shariv-v-seredovyshchi-zahysnyh-haziv-z-dyscypliny-trybotehnika-133-hm.pdf> (дата звернення: 15.02.2025).

25. Зварювання і наплавлення, як способи відновлення деталей. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/1.2.html (дата звернення: 15.02.2025).

26. Зварювання під шаром флюсу. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Зварювання_під_шаром_флюсу (дата звернення: 15.02.2025).

27. Наплавлення під шаром флюсу та в середовищі вуглекислого газу. URL: <https://studfile.net/preview/7709007/page:13/> (дата звернення: 15.02.2025).

28. Камерні печі. URL: <https://studfile.net/preview/5301191/page:3/> (дата звернення: 15.02.2025).

29. Мийна установка М203. URL: https://www.barasm.ru/products/130003728-moyechnaya_ustanovka_m203 (дата звернення: 15.02.2025).

30. Розрахунок і підбір технологічного устаткування та оснащення. URL: <https://studfile.net/preview/7396752/page:10/> (дата звернення: 15.02.2025).

31. Токарно-гвинторізний верстат 16Б04 - 16Б05. URL: <https://forkettle.ru/biblioteka/pasporta-i-tekhnicheskaya-dokumentatsiya/tokarnye-stanki/744-tokarnye-stanki/8343-tokarno-vintoreznyj-standok-16b04-16b05> (дата звернення: 15.02.2025).

32. Сідашенко О. І., Тіхонов О. В., Скобло Т. С. та ін. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 : навч. посіб. Харків : ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416 с.

33. Розрахунково-технологічна частина. URL:

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
						74
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

<https://studfile.net/preview/5303797/page:2/> (дата звернення: 15.02.2025).

34. Зварювальні перетворювачі. URL: <http://electrosvarka.su/index.php?mod=text&uitxt=1018&print> (дата звернення: 15.02.2025).

35. Дробот О. С. Теорія і технологія термічної обробки : методичні вказівки до лабораторних робіт. Хмельницький : ХНУ, 2022. 35 с.

36. Сігова В. І., Юскаєв В. Б., Будник А. Ф. Технологія і проектне рішення термічних цехів і дільниць : навч. посіб. Суми : Вид-во СумДУ, 2010. 318 с.

37. Технологічне оснащення. Конспект лекцій. URL: https://tgm.nmu.org.ua/ua/Конспект_лекцій_ТО.pdf (дата звернення: 15.02.2025).

38. Технологічна оснастка : навч. посіб. URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/tiup/metod/nm2021/Технологічна_оснастка_конспект_лекцій.pdf (дата звернення: 15.02.2025).

39. Притирання. URL: <https://studfile.net/preview/9046500/page:12/> (дата звернення: 15.02.2025).

40. Сталь 35. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-35/> (дата звернення: 15.02.2025).

					19ХВД.9685297.06.25ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		75