

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
на тему: Удосконалення конструкції апарата шнекового типу для сушіння сипких матеріалів

Виконав: здобувач V курсу, групи ЗОХ-5-1

Кравенський Сергій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник: Якобчук Роман Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

Микола ЯКИМЧУК

“ ___ ” _____ 20__ року

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

Кравенського Сергія Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення конструкції апарата шнекового типу для сушіння сипких матеріалів

Керівник проекту (роботи) Якобчук Роман Леонідович, доц., кандидат тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «08» листопада 2023 р. № 917-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» лютого 2024р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація; зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи; розрахункова частина; вибір конструкційних матеріалів; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу і технічного сервісу; опис системи управління; заходи щодо охорони праці; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання, вузли, деталі – 3 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>			

7. Дата видачі завдання: «09» листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	<i>15.11.2023р.</i>	
2	<i>Вступ</i>	<i>20.11.2023р.</i>	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>05.12.2023р.</i>	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>10.12.2023р.</i>	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	<i>15.12.2023р.</i>	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	<i>20.12.2023р.</i>	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>25.12.2023р.</i>	
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>10.01.2024р.</i>	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>15.01.2024р.</i>	
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	<i>18.01.2024р.</i>	
11	<i>Опис системи управління</i>	<i>20.01.2024р.</i>	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	<i>24.01.2024р.</i>	
13	<i>Висновки</i>	<i>26.01.2024р.</i>	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	<i>28.01.2024р.</i>	
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	<i>28.01.2024р.</i>	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	<i>01.02.2024р.</i>	

Здобувач

_____ (підпис)

Сергій КРАВЕНСЬКИЙ

Керівник роботи

_____ (підпис)

Роман ЯКОБЧУК

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі бакалавра проведений аналіз способів та обладнання сушильних апаратів для сушіння пивної дробини, встановлена необхідність удосконалення сушильного апарата, у якому забезпечуватиметься процес сушіння з мінімальною енергоємністю та матеріаломісткістю. Аналіз способів та обладнання для сушіння пивної дробини, дозволив удосконалити та обґрунтувати схему апарата шнекового типу безперервної дії.

У роботі представлено напрям удосконалення апарату, що передбачає заміну конструкції газорозподільної решітки, забезпечуючи тим самим зменшення опору проходження теплоносія та втрат тиску. Встановлений під решітку запропонований направляючий профіль, дозволяє забезпечити рівномірну висоту псевдозрідженого шару пивної дробини та рівномірно розподілити теплоносій.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається із таких основних складових: вступ, 10 розділів, висновків, список використаних літературних джерел. Основний зміст кваліфікаційної роботи представлено на 66 сторінках, та 6 аркушах А1 графічного матеріалу.

Ключові слова: апарат, шнек, пивна дробина, сушіння.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	21-2080.КР.01.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

SUMMARY

In the bachelor's qualification work, an analysis of the methods and equipment of drying devices for drying beer grain was carried out, the need to improve the drying device was established, which will ensure the drying process with minimal energy and material consumption. The analysis of the methods and equipment for drying beer grain allowed to improve and justify the scheme of the screw-type device of continuous action.

The paper presents the direction of improvement of the device, which involves replacing the structure of the gas distribution grid, thus providing a reduction in the resistance of the coolant passage and pressure losses. The proposed guide profile, installed under the grate, allows to ensure a uniform height of the fluidized layer of beer grain and to evenly distribute the coolant.

The bachelor's qualification work consists of the following main components: introduction, 10 chapters, conclusions, list of used literary sources. The main content of the qualification work is presented on 66 pages and 6 A1 sheets of graphic material.

Key words: apparatus, auger, beer grain, drying.

ЗМІСТ

	стор.
Анотація.....	3
Перелік умовних позначень, термінів.....	6
Вступ.....	7
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	9
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	15
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	16
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	18
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	21
6. Розрахункова частина.....	23
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	37
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	50
9. Опис системи управління.....	55
10. Заходи щодо охорони праці.....	58
Висновки.....	63
Список використаних літературних джерел.....	64
Специфікації.....	67

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Краденський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	21-2080.КР.01.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук В.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ПД – пивна дробина.

ПЗШ (КШ) – псевдозріджений (киплячий шар).

КМ – матеріали конструкційні.

$G_{в.м}$ – продуктивність шнеку, кг/с.

Q – витрати теплоти на процес сушіння.

W – кількість вологи, кг/с.

t_n – температура повітря (теплоносія), °С.

t_m – температура матеріалу, °С.

c – теплоємність, Дж/(кг·К).

Z – припуск на точіння (механічну обробку), мкм.

ДСН – державні санітарні норми України.

ДБН – державні будівельні норми України.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Перелік умовних позначень, термінів	21-2080.КР.01.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук В.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

Вступ

Сушіння – процес зневоднення (видалення вологи) з твердих (сипких), рідких і пастоподібних матеріалів (продуктів, препаратів, тощо). Цей процес забезпечує тривале зберігання продукту, надає матеріалам певних властивостей та зменшує витрати при транспортуванні. [1, 18]

Перероблення, зберігання та використання вторинних відходів підприємств харчових виробництв завжди були і залишаються цілком особливою увагою. На заводах, виробництва пива, завжди утворюється велика кількість різних відходів, серед яких основна маса припадає на пивну дробину. Цей вторинний продукт у сирому стані має досить великий попит на підприємствах, що вирощують тварин (свиней, корів і ін.) як білкова висококалорійна добавка. У холодний період року практично відсутня проблема реалізації сирої пивної дробини, про те у теплий (літо) період фермери перевагу віддають свіжим (зеленим) кормам, а тим часом на пивзаводах накопичується значна кількість цінних вторинних відходів, термін зберігання яких обмежений, через швидке псування.

Відходи пивоварного виробництва привертають до себе увагу не тільки як джерело сировини для відгодівлі тварин, але і як джерело високої харчовою цінності з вмістом різноманітних речовин високої біологічної активності. На пивзаводі середньої потужності щорічно у відходи йде приблизно 35000 тон пивної дробини, а наявність ефективних методів консервування її майже не існує, окрім процесу сушіння. Проте, і процес сушіння пивної дробини в нашій країні не достатньо застосовують через відсутність перспективного обладнання.

Вирішення питань з утилізації багатотонних вторинних відходів пивної дробини є досить актуальним, проте велика кількість підприємств зливають ці відходи у каналізацію, що негативно впливає на екологічну

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Краденський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	21-2080.KP.01.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

ситуацію в країні. [1, 18, 21]

Сушіння (зневоднення) пивної дробини до залишкової вологості близько 10%, забезпечує тривалий її термін зберігання і робить рентабельним переробку пивної дробини та її транспортування на великі відстані. Твердий залишок (суха пивна дробина) можна застосовувати для отримання великої кількості цінних продуктів, так як він містить у своєму складі близько 58% вуглеводів, 8% ліпідів, 26% білка, а також значну кількість вітамінів, мінералів та інших біологічно активних речовин.

Тому, розробка нового та удосконалення наявного обладнання для сушіння пивної дробини (сипких матеріалів) є перспективним напрямком.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

Одна з основних екологічних і економічних проблем пивоварної галузі є переробка вторинної сировини пивоварного виробництва. Вторинна сировина містить понад 25 % (мас.) поживних речовин, з яких більша частина припадає на зернову пивну дробину, яка утворюється під час фільтрування затору, що є залишком після фільтрування рідкої фази – пивного сусла. Для забезпечення тривалого зберігання пивної дробини (ПД) використовують процес сушіння. [1, 18]

Сушу дробину можна використовувати як екологічне добриво, біогаз, електроенергію, при виробництві хліба, макаронних та ковбасних виробів. Проте, найчастіше пивна дробина використовується на потреби сільського господарства. [1, 2, 3, 18]

Широке застосування в харчовій промисловості, в останній період, отримав спосіб сушіння сипких продуктів в киплячому (псевдозрідженому) шарі (ПЗШ), що застосовується для сушіння матеріалів, які містять зв'язану вологу. Сушіння в ПЗШ – дозволяє значно збільшити поверхню контакту частинок матеріалу з сушильним агентом, підвищити процес випаровування вологи з поверхні матеріалу та скоротити тривалість сушіння.

Сушильні установки з киплячим шаром є простими в конструктивному оформленні та експлуатації, легко автоматизуються, у них можна поєднувати процеси сушіння та розділення. Вартість сушильної установки з киплячим шаром низька у порівнянні з вартістю барабанних та стрічкових конвеєрних сушильних установок, проте більша її витрата енергії (в порівнянні з іншими установками) окупається за рахунок її переваг.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Краденський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	21-2080.KP.01.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

Плюси сушильних апаратів з киплячим шаром:

- рухомі частини всередині сушильної камери відсутні, що сприяє підвищенню надійності апарату та значно скорочує частоту і складність ремонтів;
- використовується теплоносій з температурою до 180...200 °С і не відбувається перегрівання продукту, що висушується;
- забезпечується високий теплообмін і масообмін інтенсивним аеродинамічним перемішуванням;
- сушильний апарат має просту конструкцію, що дозволяє зменшити металоємність і габаритні розміри усїєї сушильної установки;
- апарати такого типу мають високу продуктивність і відносно короткий термін сушіння.

Недоліки сушильних апаратів з ПЗШ:

- подрібнення і стирання твердих частинок;
- ерозія апарата;
- можуть виникати значні заряди статичної електрики;
- необхідність потужних повітряних очисних установок;
- значні витрати енергії.

Сушильні апарати з киплячим шаром використовується для сушіння зерна, цукру, пивної дробини, солей та інших сипких матеріалів, не схильних до утворення комків у вологому стані. [1, 2, 3, 5, 10, 18, 23]

Один із варіантів сушильної установки, що може використовуватись для сушіння пивної дробини є шнекова сушильна установка з киплячим шаром яка показана на рис. 1.1.

Сушильна установка складається: 1 – корпус з розширеною верхньою частиною, 2 – пристрій для транспортування з 3 – поздовжніми перегрібаючими пластинами, 4 – завантажувальна головка, 5 – розвантажувальна головка, 6– колектор підведення теплоносія, 7 – патрубок відведення відпрацьованих газів, 8 – газорозподільна решітка, що розміщена в нижній частині корпусу.

Низ колектора подачі теплоносія 6 може бути зроблений конічним збірником 9 на якому встановлений транспортер 10, що виконаний у вигляді шнека, який з'єднаний з розвантажувальним бункером 11.

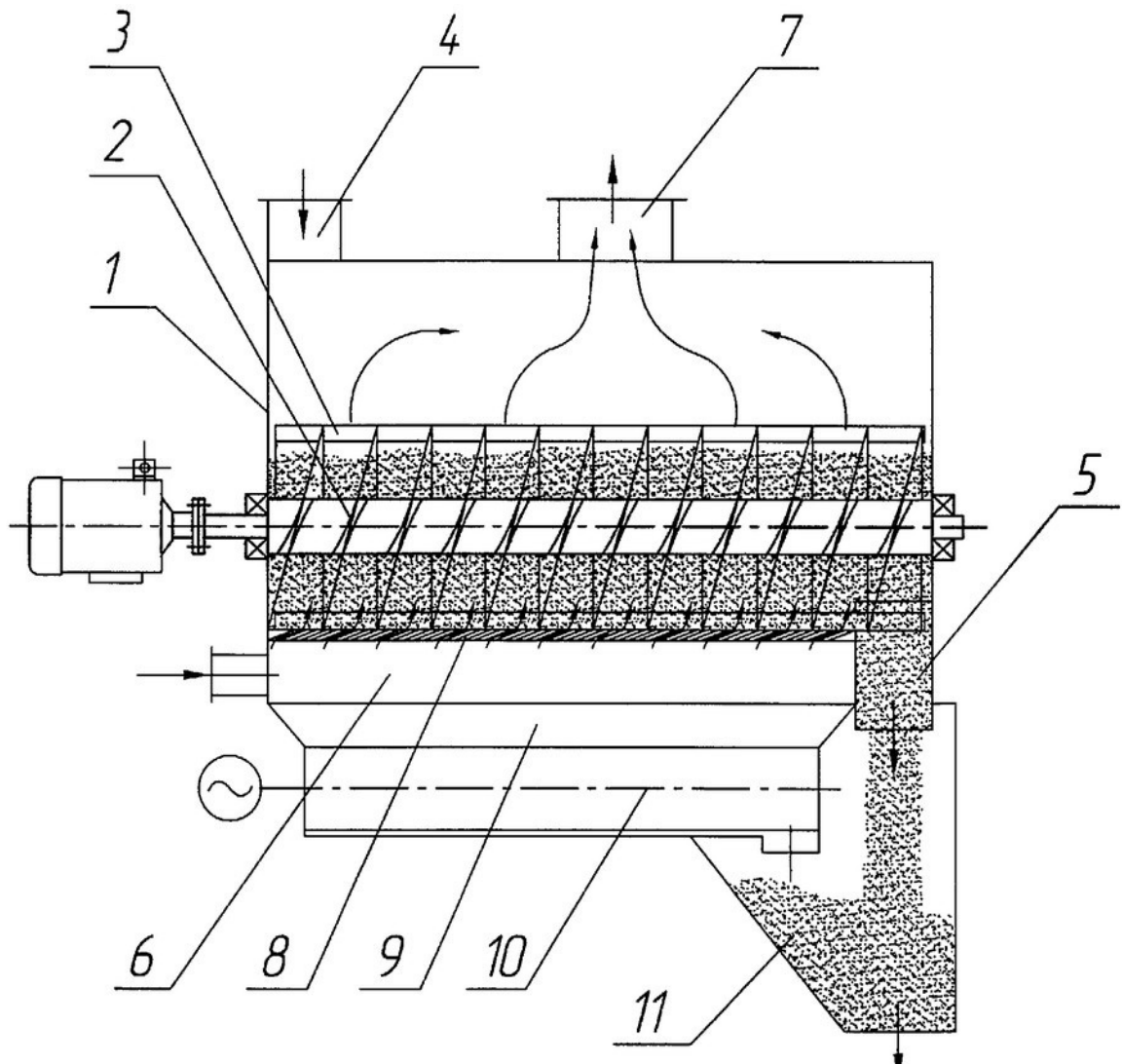


Рисунок 1.1 – Сушильна установка шнекового типу:

1 – корпус установки; 2 – шнек сушильної установки; 3 – перегрибні пластини корпусу; 4 – головка для завантаження продукту; 5 – головка для розвантаження продукту; 6 – колектор підведення теплоносія; 7 – патрубок для відведення відпрацьованого теплоносія; 8 – решітка розподілу теплоносія; 9 – збірник конічний; 10 – транспортер дрібних частинок; 11 – бункер для розвантаження продукту

Сушильна установка працює наступним чином. Сипкий матеріал подається живильником у головку завантаження 4 корпусу 1 при одночасній роботі шнекового транспортера 2 та подачі сушильного агента через колектор 6 і газорозподільну решітку 8. За допомогою шнека з поздовжніми

пластинами 3, що перегрібають, продукт переміщується від завантажувальної головки 4 корпусу 1 до головки розвантаження 5. Під час транспортування вздовж корпусу 1, матеріал переміщується і продувається інтенсивно нагрітим теплоносієм, який забирає вологу матеріалу, що випаровується, і разом з вологою піднімається в корпус 1, що має розширення, над транспортером шнекового типу 2. Теплоносій, що відпрацьований, виводиться з корпусу через патрубок відведення теплоносія 7. Сушильний теплоносій з колектору 6 направляється у корпус 1 через газорозподільну решітку 8 з щілинами похилого типу, що мають кут нахилу, який менший за кут природного укосу матеріалу, це забезпечує без провальна решітка 8 для частинок матеріалу будь – якого розміру. Інтенсивний контакт перемішування забезпечує високу інтенсивність сушіння. Крім того, розділення корпусу 1, що має розширення, транспортером 2 на окремі частини (секції) за напрямком руху матеріалу забезпечує стабільність та рівномірність процесу сушіння, тобто матеріал не зможе надійти від завантаження 4 до розвантаження 5 неорганізовано без покрокового проходження операції підсушування в кожній секції, тому до розвантаження 5 матеріал надходить сухим з рівномірним висушенням.

Для сушіння сипких матеріалів (зерна), було представлено ще одну конструкцію сушильної установки.

На хлібозаводах використовується експериментальна сушильна установка (рис. 1.2) для зневоднення (висушування) насіння кукурудзи у киплячому шарі (КШ). Продуктивність становить 50 т/год. Сушильна установка складається із 10 робочих каналів довжиною по 14 м, що розташовані каскадом, під кутом 45° до горизонту. Теплоносій подається за допомогою двох вентиляторів так як і повітря для охолодження.

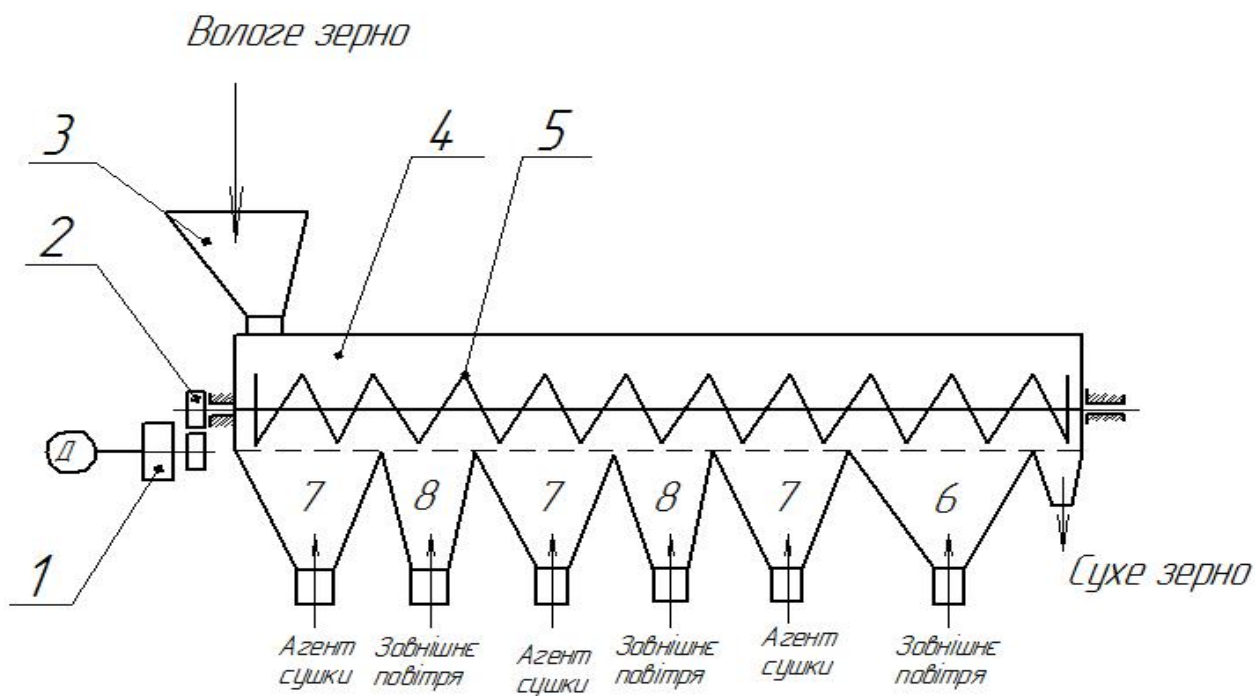


Рисунок 1.2 – Шнекова сушильна установка для зерна:

1 – привід (електродвигун); 2 – привід (редуктор) шнека; 3 – бункер для завантаження; 4 – корпус сушильної установки; 5 – транспортуючий шнек; 6 – завершальна зона охолодження зерна; 7 – проміжна зона охолодження; 8 – зона подачі теплоносія.

Зерно, через розподільчий бункер, завантажується одночасно у всі десять робочих каналів. Створюється киплячий шар і переміщується вздовж каналів, послідовно проходить через дві зони нагрівання продукту і дві зони його охолодження.

Зерно, що просушилось, з усіх робочих каналів направляється в збірний потік і рухається в склад. Легкі домішки, що виносяться з відпрацьованим теплоносієм, потрапляють в осадову камеру.

На кваліфікаційну роботу пропонується удосконалення сушильного апарату шнекового типу, що представлений на рис. 1.1

В якості удосконалення пропонуються наступні заходи:

- зміна форми поперечного перерізу нижньої частини корпусу для збільшення активної площі газорозподільної решітки;
- в якості газорозподільної решітки – пористу перфоровану решітку з прямими отворами для виходу повітря;

- встановлення проміжного підшипника для більшої жорсткості шнека;
- встановлення спеціального профіля під решіткою для більш рівномірного та направленного потоку теплоносія.

Провівши аналіз схожих конструкцій сушильних установок, проаналізували їх переваги і недоліки, запропоновано удосконалити сушильний апарат шнекового типу, що дозволить вирішити питання утилізації ПД. Це полягає у її зневодненні (сушінні) в киплячому шарі (КШ) із використанням активного гідродинамічного режиму.

2. Техніко-економічне обґрунтування

У кваліфікаційній роботі наведено удосконалення конструкції апарату шнекового типу для сушіння сипких матеріалів. За матеріал обрано пивну дробину.

Переробка вторинних сировинних ресурсів (відходів) виробництва харчової продукції є одним із перспективних напрямів у харчовій промисловості. Це дозволить зменшити забруднення навколишнього середовища та додатково отримати прибуток підприємствам, переробивши відходи виробництва та отримати додатковий продукт або сировину для виробництва.

У пивоварній галузі є значна частина відходів, основна частка припадає на пивну дробину (ПД). Однак, термін зберігання сирови ПД досить малий, а для подальшого перероблення її потрібно зберігати. Найкращий спосіб зберігання (консервації) – є процес теплового зневоднення (сушіння).

Тому, необхідно розробляти нові та удосконалювати наявні конструкції сушильних апаратів.

Основною метою удосконалення апарату шнекового типу для сушіння сипких матеріалів – забезпечення інтенсифікації процесу сушіння ПД в апараті.

Використання удосконаленого апарату шнекового типу для сушіння пивної дробини є доцільним та техніко-економічно обґрунтованим.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Краденський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	21-2080.KP.01.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Пивна дробина (ПД) – це харчові відходи, які є побічним продуктом пивоварної промисловості і становлять 85 відсотків відходів пивоваріння. Пивна дробина – твердий залишок після виробництва сусла в процесі пивоваріння. Продукт спочатку вологий, з коротким терміном зберігання, але його можна висушити та обробити різними способами, щоб зберегти його. [1]



Оскільки ПД широко доступне скрізь, де споживають пиво, і часто доступне за низькою ціною, було запропоновано та вивчено багато потенційних способів використання цих відходів як засобів зменшення їхнього впливу на навколишнє середовище, наприклад використання як харчової добавки, корму для тварин, добриво і інше.

Більшість ПД складається з лушпиння зерна ячмінного солоду в поєднанні з частинами околоплодника і насінневої оболонки ячменю. Хоча склад ПД може змінюватися залежно від типу використовуваного ячменю, способу його вирощування та інших факторів, пивна дробина зазвичай багата целюлозою, геміцелюлозою, лігніном і білком. Пивна дробина також має природний високий вміст клітковини, що робить її дуже цікавим як харчова добавка, яка замінює інгредієнти з низьким вмістом клітковини.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кравенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Характеристика вихідного матеріалу і готової продукції	21-2080.KP.01.003 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2	

Високий вміст білка та клітковини в ПД робить її очевидною ціллю для додавання в їжу для людей. Її можна подрібнити, а потім просіяти в порошок, який може збільшити вміст клітковини та білка, одночасно зменшуючи калорійність, можливо, замінюючи борошно в випічці та інших продуктах, таких як хлібні палички, печиво.

Низька вартість і висока доступність ПД призвели до використання її як корму для худоби. Її можна згодовувати худобі відразу у вологому стадії або після обробки та висушування. Високий вміст білка в ПД пропонує широкий вибір амінокислот, необхідних у раціоні худоби. Фактично, додавання ПД у раціони корів може збільшити надої молока, загальний вміст сухої речовини в молоці та вихід молочного жиру порівняно з кукурудзою.

ПД це густа консистенція зернового продукту, що грубо помелений, має колір – світло-коричневий, смак – солодкуватий, запах – солодовий. Склад: зернові оболонки, нерозчинні частини зерна. Абсолютно суха ПД містить у % (мас.): жир – 10; білок – 22...25; геміцелюлоза – 35; зола – 3; целюлози становить 20, а лігнін – 10. Вологість сирої ПД становить у межах 76...80 % (мас.), 280...310 кг/м² – насипна густина сухої дробини. [1]

Високі вмісти вологи та білкових речовин затрудняють використання сирої пивної дробини – термін зберігання не перевищує 24 год., її необхідно як найшвидше переробити. Тому, для збільшення тривалості зберігання пивної дробини і подальшого використання її як вторинної сировини, пивну дробину зневоднюють тепловим способом (сушіння). [2, 3]

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання

Провівши аналіз аналогічних конструкцій сушильних апаратів, пропонується удосконалити конструкцію апарату шнекового типу (рис. 1.1) для сушіння сипких матеріалів.

Удосконалення апарату передбачає наступні заходи:

- зміна форми поперечного перерізу у нижній частині корпусу апарату з метою збільшення активної поверхні газорозподільної решітки;
- газорозподільна решітка передбачає собою пористу перфоровану решітку з отворами прямої форми для виходу теплоносія;
- для більшої жорсткості та міцності шнека встановити проміжний підшипниковий вузол;
- для рівномірного та направленого потоку теплоносія під решіткою встановити профіль спеціальної конструкції.

Переваги:

- поєднання процесу сушіння, що забезпечує високий коефіцієнт теплопередачі та одночасного примусового транспортування матеріалу до зони вивантаження;
- можливість подачі теплоносія тангенціально;
- за рахунок активного перемішування забезпечення вирівнювання вологи в матеріалі;
- можливість реалізації подачі теплоносія по секціях;
- можливість здійснювати сушіння слабосипучих продуктів.

Недоліки :

- підвищена енергозатратність;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення	21-2080.KP.01.004 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

- необхідність високотемпературного теплоносія;
- досить великий гідравлічний опір.

Не зважаючи на наведені недоліки, сушильний апарат має значні переваги та може бути удосконалений.

Сушильний апарат шнекового типу (рис. 4.1) працює наступним чином. Матеріал (пивна дробина) подається живильником через завантажувальний патрубок 1 корпусу апарату 2 при одночасній роботі шнекового транспортера 3 і надходженні теплоносія через патрубок 5 під газорозподільну решітку 8 в середину корпусу апарату. При обертанні шнека 3, ПД переміщується від зони завантаження 1 корпусу 2 до зони розвантаження – патрубку 7. При переміщенні вздовж корпусу 2 продукт інтенсивно переміщується і продувається теплоносієм, який віддаючи тепло випаровує вологу з матеріалу і разом з вологою піднімається у верхню частину корпусу 2 над шнеком 3, видаляється з корпусу через патрубок 4.

Висока ефективність процесу сушіння забезпечується шляхом інтенсивного контакту продукту з теплоносієм при перемішуванні. Крім того, окремі секції по ходу руху матеріалу, що утворюються поділом корпусу 2 шнековим транспортером 3, забезпечують стабільність і рівномірність сушіння, тому матеріал не може неорганізовано надійти від зони завантаження 1 до зони розвантаження 7 без поступового проходження через кожен секцію для підсушування.

Тому, матеріал, до розвантаження 7, підходить рівномірно висушеним.

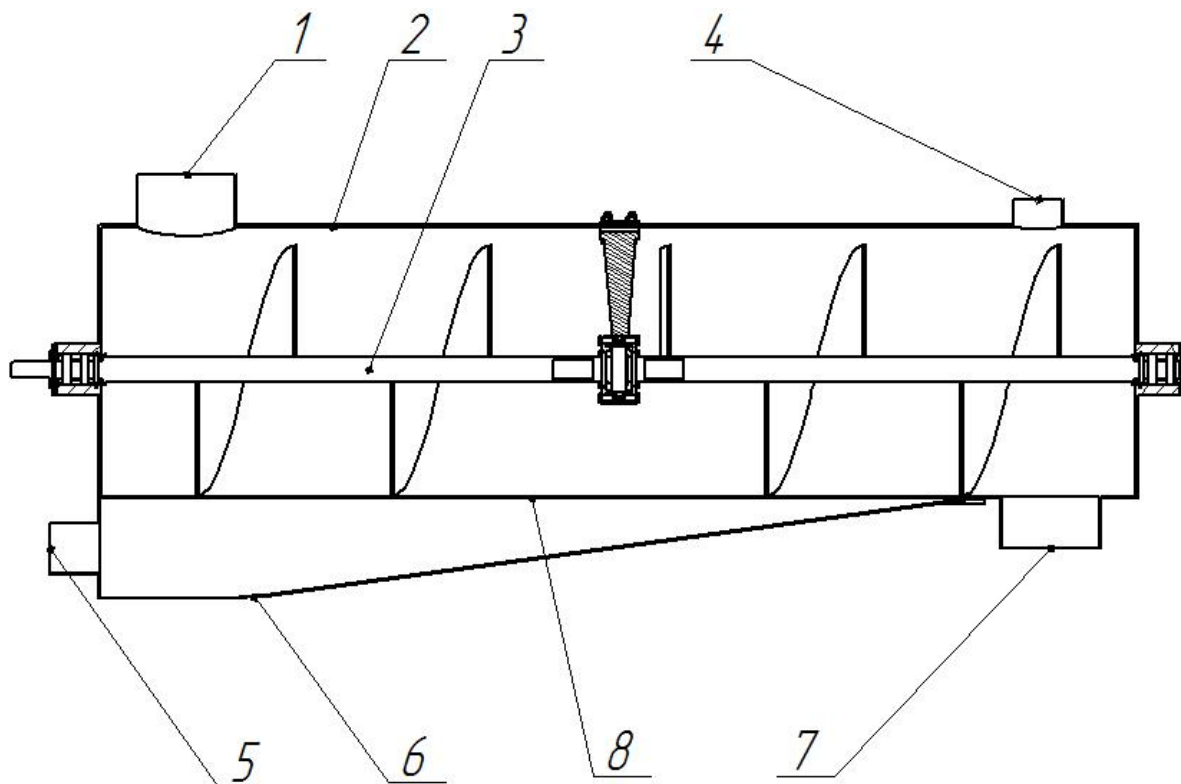


Рисунок 4.1 – Сушильний апарат шнекового типу для сушіння ПД:
 1 – патрубок для подачі вологого матеріалу; 2 – корпус сушильної установки;
 3 – транспортуючий шнек апарату; 4 – патрубок для відведення теплоносія; 5 – патрубок для підведення теплоносія; 6 –направляючий профіль теплоносія;
 7 – пристрій (патрубок) для вивантаження сухого продукту (ПД); 8 –решітка газорозподільна

5. Вибір конструкційних матеріалів

Харчова промисловість вимагає ретельного вибору матеріалів для виготовлення деталей і самих машин та апаратів. Основна вимога – відповідність властивостей матеріалу до харчових продуктів. У вузлах та деталях обладнання, де немає контакту з виробом, можна застосовувати загальні правила до вибору конструкційних матеріалів (КМ).

При виборі конструкційного матеріалу для виготовлення обладнання та деталей необхідно враховувати вплив матеріалу на продукт, а також нормативні документи, що дозволяють його використання в контакті з певним технологічним середовищем харчового виробництва на підприємстві; стійкість до корозії при тривалому впливі на матеріал агресивних харчових середовищ, підвищених температур і середовищ під тиском, а також при впливі очисних і дезінфікуючих розчинів; механічна міцність при виконанні необхідних робочих циклів; технологічні властивості виробництва за способами переміщення, лиття, зварювання тощо; економічна доцільність

Специфіка різних галузей харчової та переробної промисловості вимагає використання металів, що мають міцнісні і надійні характеристики, та інших конструкційних матеріалів, які працюють в середовищах з агресивними властивостями.

КМ, які широко використовуються в харчовій техніці, повинні задовольняти вимогам до цих матеріалів, які контактують з продуктами. Вони не повинні містити шкідливих для здоров'я людини елементів або вступати з продуктами в хімічні реакції, руйнуватися під впливом агресивних середовищ тощо.

Одним з основних параметрів матеріалу, який використовується у харчовій інженерії, є стійкість до корозії.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів	21-2080.KP.01.005 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Стандартами, що застосовуються галузі, встановлюють обмеження на асортимент і марки матеріалів, які використовуються у машинобудуванні для виробництва обладнання для підприємств виробництва харчової продукції.

Так, у нашому випадку, корпус та газоросподільча решітка сушильної установки буде виготовлятися з «харчової» сталі 12X18H10T за ДСТУ 7809:2015 або AISI 304, що працює в агресивних середовищі за температури 600 °С.

Приймаємо матеріал для виготовлення фланців, опор та інших складових що не контактують з продуктом, у нашому випадку – Ст 5 ДСТУ 7809:2015.

З сталі 12X18H10T за ДСТУ 7809:2015 або AISI 304 також будуть виготовлятися витки шнека.

СЧ 15 (GG-15 DIN 1691) використовуватиметься в якості матеріалу для виготовлення кришок на корпус сушильного апарату і корпус підвісної опори.

Інші деталі та вузли, які входять до складу сушильної установки, це – покупні стандартизовані: підшипники, манжети та ін., виготовляються з КМ, що передбачені на них стандартом.

6 Розрахункова частина

6.1 Розрахунок матеріальний [10, 11, 14, 23]

Продуктивність апарату по сирому матеріалу:

$$G_{с.м} = G_{в.м} \cdot \frac{100-w_k}{100-w_n} = 41,8 \cdot \frac{100-10}{100-70} = 125,4 \text{ кг/с} \quad (6.1)$$

де G – продуктивність шнеку; w_k – кінцева вологість продукту; w_n – початкова вологість продукту;

Кількість води, що випаровується:

$$W = G_{с.м} - G_{в.м} = 125,4 - 41,8 = 83,6 \text{ кг/с} \quad (6.2)$$

6.2 Розрахунок тепловий [10, 11, 14, 23]

Витрата теплоти на процес сушіння:

$$Q = Q_{вип} + Q_{наг} + Q_{втр} = 1,15[W \cdot (r_0 + c_p \cdot (t_{п2} - t_{м1})) + G_{в.м} \cdot c_m \cdot (t_{м2} - t_{м1})] \quad (6.3)$$

де $Q_{вип}$ – тепло, затрачене на випаровування води; $Q_{наг}$ – тепло, що витрачене на нагрівання матеріалу; $Q_{втр}$ – втрати теплоти в навколишнє середовище, що приймаємо 15% від перших двох складових; r_0 – теплота пароутворення при 0°C – 2439 кДж/кг; c_p – теплоємність пари водяної – 1,97 кДж/(кг·К); c_m – теплоємність продукту – 3,275 кДж/(кг·К); $t_{м1}$ – температура продукту на вході в апарат – 10°C ; $t_{м2}$ – температура ПД на виході з апарату – 65°C ; $t_{п1}$ – значення температури повітря (теплоносія) на вході в сушарку – 140°C ; $t_{п2}$ – температура повітря (відпрацьованого теплоносія) на виході із сушарки – 70°C ;

$$Q = 1,15[83,6 \cdot (2439 + 1,97 \cdot (70 - 10)) + 41,8 \cdot 3,275 \cdot (65 - 10)] = 969,7 \text{ кВт}$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кравенський С.В.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	21-2080.КР.01.006 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/14

6.3 Витрата сухого повітря [10, 11, 14, 23]

$$L = \frac{Q}{c_v(t_{п1}-t_{п2})} = \frac{969,7}{1 \cdot (140-70)} = 13,8 \text{ кг/с} \quad (6.4)$$

де c_v – теплоємність сухого повітря – 1,0 кДж/(кг·К);

Питома витрата сухого повітря:

$$l = \frac{L}{W} = \frac{13,8}{83,6} = 0,16 \text{ кг/кг} \quad (6.5)$$

Вологовміст повітря на виході із апарату:

$$x_2 = x_1 + \frac{1}{l} = 0,01 + \frac{1}{0,16} = 6,26 \text{ кг/кг} \quad (6.6)$$

де x_1 – 0,01 кг/кг – вологовміст повітря початковий.

6.4 Гідродинамічний розрахунок сушильного апарату [10, 11, 14, 23]

Властивості повітря (теплоносія) на виході із сушильного апарату:

Густина на виході із апарату:

$$\rho_m = \frac{1,293 \cdot 273}{(273+70)} = 1,04 \text{ кг/м}^3 \quad (6.7)$$

В'язкість повітря при 70 °С:

$$\mu_m = \mu_0 \cdot \frac{273+C}{T+C} \left(\frac{T}{273} \right)^{3/2} = 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+124}{338+124} \cdot \left(\frac{338}{273} \right)^{3/2} = 20,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (6.8)$$

де μ_0 – вязкість повітря при 0 °С, $21,6 \cdot 10^{-6}$ Па·с; С – допоміжний коефіцієнт, 124;

Кінематична в'язкість повітря:

$$\nu_m = \frac{\mu_m}{\rho_m} = \frac{20,5 \cdot 10^{-6}}{1,04} = 19,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (6.9)$$

Робоча швидкість повітря:

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho_m}{\rho_m} = \frac{9,8 \cdot 0,003^3}{19,7 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{1160 - 1,04}{1,04} = 760912,3 \quad (6.10)$$

де ρ_m – густина продукту (ПД), 1160 кг/м³; d_m – середній діаметр частинки матеріалу (ПД), 0,003 м.

Критерій Рейнольдса для робочого режиму:

$$Re_p = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4.75}}{18 + 0.61 \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4.75}}} = \frac{760912,3 \cdot 0.60^{4.75}}{18 + 0.61 \cdot \sqrt{760912,3 \cdot 0.60^{4.75}}} = 381,5 \quad (6.11)$$

де ε – порозність киплячого (псевдозрідженого шару) шару;

Робоча швидкість повітря:

$$v_p = \frac{Re_p \cdot \nu_m}{d_m} = \frac{381,5 \cdot 19,7 \cdot 10^{-6}}{0,003} = 2.50 \text{ м/с} \quad (6.12)$$

Площа газорозподільчої решітки апарату:

$$S_p = \frac{L \cdot (1 + x_2)}{(\rho_m \cdot v_p)} = \frac{2,5 \cdot (1 + 0,021)}{(1,04 \cdot 2.50)} = 0,98 \text{ м}^2 \quad (6.13)$$

де L – значення довжини газорозподільчої решітки, що становить – 2.5м;

Висота КШ:

Критерій Прандтля:

$$Pr = \frac{c \cdot \mu_m}{\lambda_m} = \frac{1000 \cdot 20,5 \cdot 10^{-6}}{0,035} = 0,58 \quad (6.14)$$

де λ_m – теплопровідність повітря, 0,035 Вт/(м·К);

Критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,4 \cdot \left(\frac{Re_p}{\varepsilon} \right)^{0,67} \cdot Pr^{0,33} = 0,4 \cdot \left(\frac{381,5}{0,60} \right)^{0,61} \cdot 0,58^{0,33} = 25,2 \quad (6.15)$$

Коефіцієнт теплообміну:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{d_m} = \frac{25,2 \cdot 0,035}{0,003} = 294 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (6.16)$$

Число одиниць переносу:

$$m_0 = \ln \frac{t_{n1} - t_{m2}}{t_{n2} - t_{m2}} = \ln \frac{140 - 65}{70 - 65} = 1,60 \quad (6.17)$$

Об'єм киплячого шару:

$$V_{ш} = \frac{L \cdot c_g \cdot m_0}{(\alpha \cdot S_{п.п} \cdot (1 - \varepsilon))} = \frac{2,5 \cdot 1000 \cdot 1,60}{(294 \cdot 2000 \cdot (1 - 0,60))} = 0,017 \text{ м}^3 \quad (6.18)$$

де $S_{п.п} = \frac{6}{d_m} = \frac{6}{0,0030} = 2000 \text{ м}^{-1}$ – питома поверхня;

Висота шару:

$$H_{ш} = \frac{V_{ш}}{S_p} = \frac{0,017}{0,98} = 0.017 \text{ м} \quad (6.19)$$

З практичних міркувань, висоту киплячого шару приймають:

$$H_{\text{ш}} = 80 \cdot d_0 = 80 \cdot 2,0 = 160,0 \text{ мм} \quad (6.20)$$

де d_0 – діаметр отворів решітки – 2,0 мм;

Перевірка умови виносу з сушильного апарату дрібних частинок:

Мінімальний діаметр частинки приймаємо 2,0 мм.

Для частинки з мінімальним діаметром критерій Архімеда становитиме:

$$Ar_{\text{min}} = \frac{g \cdot d_{\text{min}}^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho_r}{\rho_m} = \frac{9,81 \cdot 0,002^2}{19,7 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{1160 - 1,04}{1,04} = 223976,9 \quad (6.21)$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re_{\text{виг}} = \frac{Ar_{\text{min}}}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar_{\text{min}}}} = \frac{223976,9}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{223976,9}} = 730,2 \quad (6.22)$$

Швидкість витання:

$$v_{\text{виг}} = \frac{Re_{\text{виг}} \cdot \nu}{d_{\text{min}}} = \frac{730,2 \cdot 19,7 \cdot 10^{-6}}{0,002} = 7,19 \text{ м/с} \quad (6.23)$$

Для частинок максимального розміру перевірка умови псевдозрідження.

Діаметр частинки приймаємо – 5,0 мм.

Швидкість теплоносія під решіткою:

$$v_{\text{реш}} = \frac{v_p \cdot (273 + t_{n1})}{(273 + t_{n2})} = \frac{2,50 \cdot (273 + 140)}{(273 + 70)} = 3,01 \text{ м/с} \quad (6.24)$$

Швидкість теплоносія в отворах газорозподільчої решітки:

$$v_{\text{от}} = \frac{v_{\text{реш}}}{\phi} = \frac{3,01}{0,1} = 30,1 \text{ м/с} \quad (6.25)$$

де ϕ – значення частки живого перерізу газорозподільчої решітки, що становить – 0,10;

Значення швидкості псевдозрідження частинок продукту максимального розміру:

$$v_{\text{кр(от)}} = \frac{v_{\text{от}}}{k} = \frac{30,1}{2,5} = 12,0 \text{ м/с} \quad (6.26)$$

де k – значення числа псевдозрідження – 2,5;

Значення критерій Архімеда:

$$Ar_{\max} = \frac{g \cdot d_{\max}^3 \cdot \rho_m - \rho_t}{\nu^2 \cdot \rho_t} = \frac{9.81 \cdot 0.003^3 \cdot 1160 - 0.85}{19.7 \cdot 10^{-6} \cdot 0.85} = 931177.04 \quad (6..27)$$

Параметри теплоносія біля решітки при температурі – 140°C:

густина теплоносія – 0,85кг/м³;

в'язкість теплоносія – 20,5·10⁻⁶ Па·с;

кінематична вязкість – 24,1·10⁻⁶ Па·с;

Значення критерію Рейнольдса:

$$Re_{\max} = \frac{Ar_{\max}}{1400 + 5.22 \cdot \sqrt{Ar_{\max}}} = \frac{931177.04}{1400 + 5.22 \cdot \sqrt{931177.04}} = 144.7 \quad (6..28)$$

Швидкість теплоносія, що необхідна для забезпечення зрідження частинок матеріалу максимального розміру:

$$v_{кр(макс)} = \frac{Re_{\max} \cdot \nu_t}{d_{\max}} = \frac{144.7 \cdot 24.1 \cdot 10^{-6}}{0.003} = 1.16 м/с \quad (6.29)$$

Так як $v_{кр(от)} \geq v_{кр(макс)}$, відповідно частина максимального розміру буде псевдозріджена.

6.5 Гідравлічний розрахунок сушильного апарату [10, 11, 14, 23]

Гідравлічний опір сушильної установки:

$$\Delta P = \Delta P_{шр} + \Delta P_{реш} + \Delta P_{ц} \quad (6.30)$$

Гідравлічний опір киплячого шару:

$$\Delta P_{шр} = H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_m - \rho) \cdot g = 0,4 \cdot (1 - 0,60) \cdot (1160 - 1,04) \cdot 9,81 = 1817,2 Па \quad (6.31)$$

Гідравлічний опір решітки:

$$\Delta P_{реш} = \xi \cdot \left(\frac{V_p}{d}\right)^2 \cdot \frac{\rho_1}{2} = 1,75 \cdot \left(\frac{2,50}{0,10}\right)^2 \cdot \frac{0,85}{2} = 464,9 Па \quad (6..32)$$

Гідравлічний опір циклона становить:

$$\Delta P_{цик} = 700 Па$$

Гідравлічний опір апарату:

$$\Delta P = 1817,2 + 464,9 + 700 = 2982 \text{ Па} \quad (6.33)$$

6.6 Підбір допоміжного обладнання сушильної установки [10, 11, 14, 23]

Підбір циклона:

Швидкість повітря в циклоні:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\xi \rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 700}{60 \cdot 1,4}} = 4,7 \text{ м/с} \quad (6.34)$$

Розрахунковий діаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{L}{0,785 \cdot V \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{1,8}{0,785 \cdot 4,7 \cdot 1,04}} = 0,68 \text{ м} \quad (6.35)$$

Вибираємо циклон марки ЦН–15–700, з наступними вихідними технологічними і конструктивними параметрами:

- продуктивність – 4400...5190 м³/год;
- діаметр циклону – 700 мм;
- висота циклону – 3192 мм;
- вага циклону – 220 кг.

Підбір калорифера:

Витрата повітря:

$$Q = \frac{L}{\rho} = \frac{1,8}{0,85} = 2,1 \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.36)$$

Приймаємо калорифер марки ВНВ 113-410 з продуктивністю по повітряю 6300 м³/год.

Розрахунок шнека сушильного апарату:

Орієнтовно діаметр гвинта шнеку беремо $D_{\text{ш}} = 500,0$ мм, відповідно крок витків $t = 0,8 \cdot D_{\text{ш}} = 0,8 \cdot 500 = 400$ мм.

Попередньо розраховуємо продуктивність за формулою:

$$G = 47 \cdot D_{2\phi}^2 \cdot t \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma_B \cdot C = 47 \cdot 0,5^2 \cdot 0,4 \cdot 11,4 \cdot 0,4 \cdot 11,6 \cdot 1 = 149,2 \text{ м/год} \quad (6.37)$$

де $D_{2\phi}$ – діаметр гвинта шнеку, 0,5 м; t – крок гвинта шнека, 0,4 м; n – кількість обертів шнека апарату:

$$n = \sqrt{\frac{A}{D}} = \sqrt{\frac{65}{0,5}} = 11,4 \text{ об/хв} \quad (6.38)$$

де A – коефіцієнт, що враховує типу вантажу, 65; Ψ – коефіцієнт заповнення перерізу гвинтового простору, він залежить від характеристик вантажу; C – коефіцієнт, що залежить від кута підйому шнека апарату і становить – 1.

Діаметр граничний валу шнека буде становити:

$$d_{\phi} = \frac{t}{\pi} \operatorname{tg} \phi = \frac{0,4}{3,14} \cdot 0,4 = 0,051 \text{ м} \quad (6.39)$$

Тоді, вибираємо діаметр валу із запасом $d_B = 0,1$ м.

За зовнішній поверхні шнеку та біля валу, кут підйому гвинтової лінії, визначається за формулами:

$$\alpha_D = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi D} = \operatorname{arctg} \frac{0,4}{3,14 \cdot 0,5} = 14^{\circ} 29'$$

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi d} = \operatorname{arctg} \frac{0,4}{3,14 \cdot 0,1} = 51^{\circ} 86' \quad (6.40)$$

Значення середнього куту підйома гвинтових ліній витка шнека апарату визначається за рівнянням:

$$\alpha_{cp} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \cdot (14^{\circ} 29' + 51^{\circ} 86') = 33^{\circ} \quad (6.41)$$

Допоміжні величини, що вводяться в розрахунок:

$$\cos^2 33^{\circ} = 0,7034$$

$$\operatorname{tg} 33^{\circ} = 0,6494$$

$$\sin 33^{\circ} = 0,5446 \quad (6.42)$$

Момент згинання витка шнека по внутрішньому його контуру біля валу знаходиться:

$$M_3 = \frac{p_{max} \cdot D^2}{32} \times \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{32} = \frac{0,20 \cdot 10^6 \cdot 0,5^2}{32} \times \frac{1,9 - 0,7 \cdot 3^{-4} - 5,2 \ln 3}{1,3 + 0,7 \cdot 3^{-2}} = -4345,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (6.43)$$

найбільша напруженість:

$$\sigma_3 = \pm \frac{6 \cdot M_3}{\delta^2} = \frac{6 \cdot 4345,3}{0,015^2} = 115,8 \text{ МН/м}^2 \quad (6.44)$$

Коефіцієнт відстані переміщення частинок продукту:

$$K = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5 \cdot f \cdot \sin \alpha_{cp}) = 1 - (0,7034 - 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,5446) = 0,40 \quad (6.45)$$

Для витків шнека приймаємо матеріал, в якого при згині межа напруження приймається рівна напруженню на розтяг:

$$\sigma_3 = 1300 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Товщина витків шнека визначається з формули:

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot M_3}{\sigma_3}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 4345,3}{1300 \cdot 10^5}} = 0,014 \text{ м} \quad (6.46)$$

Товщину витків шнека приймаємо рівною – 15,0 мм.

За формулою визначаємо довжину шнеку:

$$L_{ш} = 6 \cdot t = 6 \cdot 0,4 = 2,4 \text{ м} \quad (6.48)$$

Визначаємо кутову швидкість шнека:

$$\omega = \frac{G}{0,127(D^2 - d^2) \cdot (t - \delta) \cdot \rho \cdot \phi} = \frac{41,3}{0,127(0,5^2 - 0,1^2) \cdot (0,4 - 0,015) \cdot 1160 \cdot 0,4} = 5,13 \text{ рад/с} \quad (6.49)$$

Переводимо в об/хв значення кутової швидкості і отримуємо – 48,9 об/хв.

Значення продуктивності перераховуємо за формулою:

$$G = 0,127 \cdot (D^2 - d^2) \cdot (t - \delta) \cdot (1 - k) \cdot \rho \cdot \omega \cdot \phi = 0,127 \cdot (0,5^2 - 0,1^2) \cdot (0,4 - 0,015) \cdot (1 - 0,4) \cdot 1160 \cdot 1 \cdot 5,13 = 41,8 \text{ кг/с} \quad (6.50)$$

Визначаємо коефіцієнт корисної дії привода шнека:

$$\eta = \eta_M \cdot \eta_n = 0,99 \cdot 0,99^2 = 0,970 \quad (6.51)$$

Потужність електродвигуна для приводу шнека:

$$N = \frac{1}{\eta} \left(\frac{G \cdot L \cdot k \cdot g}{1000} \right) = \frac{1}{0.970} \left(\frac{41,8 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 9,81}{1000} \right) = 2,03 \text{ кВт} \quad (6..52)$$

Для того щоб виготовити шнек діаметром D з заданим значенням діаметром валу d та його кроком t , потрібно зробити кільця із діаметром зовнішнім D_0 , діаметром внутрішнім d_0 та розрізати на кут α_0 .

Визначаємо довжину гвинтових ліній L та l в межах кроку шнека та ширину b гвинтової поверхні витка шнеку:

$$\begin{aligned} b &= 0,5 \cdot (D - d) = 0,5 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,2 \text{ м} \\ L &= \sqrt{t^2 + (\pi \cdot D)^2} = \sqrt{0,4^2 + (3,14 \cdot 0,5)^2} = 1,62 \text{ м} \\ l &= \sqrt{t^2 + (\pi \cdot d)^2} = \sqrt{0,4^2 + (3,14 \cdot 0,1)^2} = 0,51 \text{ м} \end{aligned} \quad (6..53)$$

Кут вирізки визначаємо за формулою:

$$\alpha_0 = 2\pi - \frac{L-l}{b} = 2 \cdot 3,14 - \frac{1,62 - 0,51}{0,2} = 0,76 \text{ рад} \quad (6..54)$$

діаметри кілець:

$$\begin{aligned} D_0 &= \frac{2 \cdot L}{2\pi - \alpha_0} = \frac{2 \cdot 1,62}{2 \cdot 3,14 - 0,76} = 0,60 \text{ м} \\ d_0 &= \frac{2 \cdot l}{2\pi - \alpha_0} = \frac{2 \cdot 0,51}{2 \cdot 3,14 - 0,76} = 0,18 \text{ м} \end{aligned} \quad (6..55)$$

За рівнянням визначаємо площу внутрішньої поверхні циліндра корпусу шнека та однієї сторони поверхні витка на довжині одного кроку:

$$\begin{aligned} F_{ц.л.} &= \pi D \cdot (t - \delta) = 3,14 \cdot 0,5 \cdot (0,4 - 0,015) = 0,50 \text{ м}^2 \\ F_B &= \frac{1}{4\pi} \cdot \left[\pi \cdot (D \cdot L - d \cdot l) + t^2 \cdot \ln \frac{D + 2L}{d + 2l} \right] = \\ &= \frac{1}{4 \cdot 3,14} \cdot \left[3,14 \cdot (0,5 \cdot 1,62 - 0,1 \cdot 0,51) + 0,4^2 \cdot \ln \frac{0,5 + 2 \cdot 1,62}{0,1 + 2 \cdot 0,51} \right] = 0,076 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (6..56)$$

Розрахунок кінематичних та силових параметрів привода [10, 11, 14, 23]

За каталогом вибираємо мотор-редуктор планетарний типу ЗМП-40 з електродвигуном типу АИР90L2(4А90L2) потужністю, що становить $N = 3,0 \text{ кВт}$, і наступними характеристиками:
 $n = 1410 \text{ об/хв}$; $\eta = 85\%$; $\cos\phi = 0,84$; $T_{\text{пуск}}/T_{\text{ном}} = 2,1$; $T_{\text{мах}}/T_{\text{ном}} = 2,4$.

Мотор-редуктор 3МП-40, що вибраний, має такі характеристики:

$$T = 375 \text{ Н} \cdot \text{м}; \eta = 97\%; n_{\text{вих}} = 71 \text{ об/хв.}$$

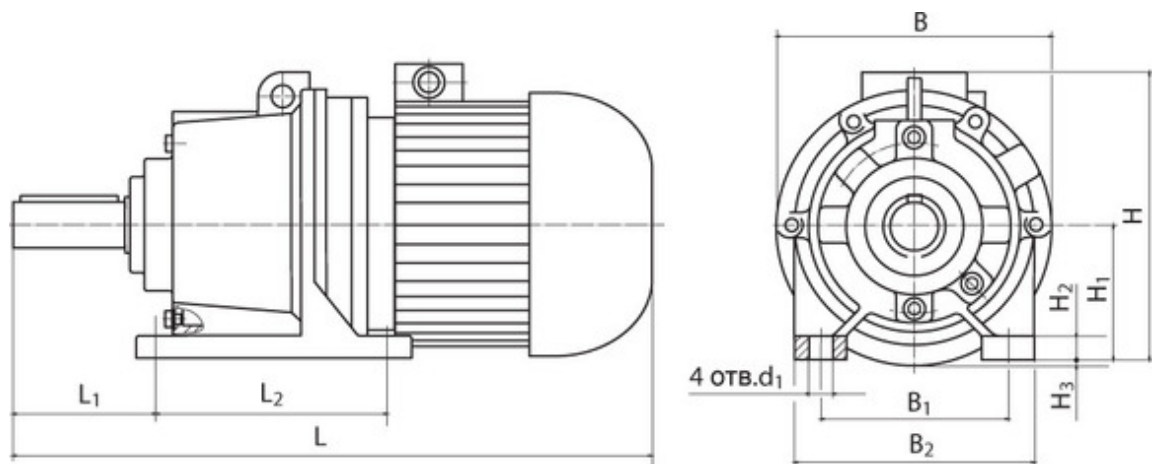
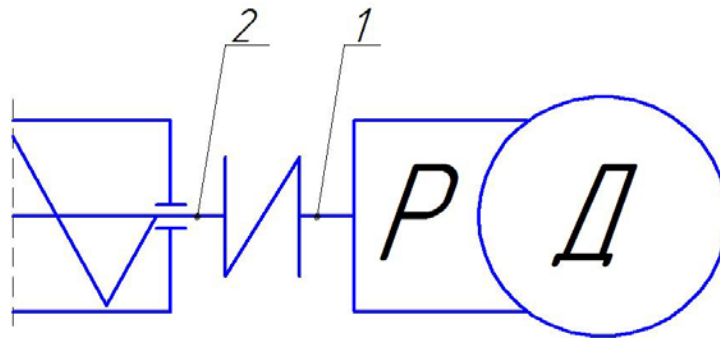


Рисунок 6.1 – Схема мотор-редуктора 3МП-40

Схема валів привода шнеку:



На валах привода потужність наступна:

$$N_1 = N_{\text{дв.розр.}} \cdot \eta_{\text{мр}} = 2,03 \cdot 0,97 = 1,96 \text{ кВт}$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{муфти}} = 1,96 \cdot 0,99 = 1,94 \text{ кВт} \quad (6..57)$$

Кількість обертів валів привода шнеку:

$$n_1 = n_{\text{вих}} = 71 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = n_1 = 71 \text{ об/хв}$$

$$(6.58)$$

Швидкість валів приводів кутова:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 71}{30} = 7,4 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 7,4 \text{ с}^{-1}$$

$$(6.59)$$

Моменти на валах привода шнеку:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{1,96}{7,4} = 0,26 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_{\text{муфти}} = 0,26 \cdot 0,99 = 0,25 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (6.59)$$

№ валу	N, кВт	n, хв ⁻¹	ω, с ⁻¹	T, кН×м
1	1,960	71,0	7,40	0,260
2	1,940	71,0	7,40	0,250

Розрахунок валу шнека сушарки

З умови міцності кручення визначаємо діаметр валу:

$$d_{\sigma} = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (6.60)$$

де T – момент крутний на валу шнеку, [τ] – допустиме напруження кручення, приймаємо значення [τ] = 20...30 МПа.

$$d_{\sigma} = \sqrt[3]{\frac{375}{0,2 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,045 \text{ м} \quad (6.61)$$

Приймаємо $d_b = 100$ мм.

Поздовжню осьову силу, яка діє на вал шнеку визначимо за формулою:

$$F_a = \frac{T}{r_o \cdot \text{tg}(\alpha + \rho_{\sigma\sigma})} \quad (6.62)$$

де r_o – радіус, м, дії сили F_a , приймається орієнтовно:

$$r_o = K \cdot \frac{D}{2} = (0,7 - 0,8) \cdot \frac{D}{2} \quad (6.63)$$

α – кут піднімання гвинтової лінії шнеку на радіусі r_o , що визначається за рівнянням:

$$\text{tg} \alpha = \frac{t_{\text{гв}}}{2 \cdot \pi \cdot r_o}; \quad (6.64)$$

$\rho_{\sigma\sigma}$ – кут тертя між поверхнею шнеку і вантажем, $\text{tg} \rho_{\sigma\sigma} = f_{\sigma\sigma}$; де $f_{\sigma\sigma}$ – приведений коефіцієнт тертя між поверхнею та вантажем.

$$r_o = 0,8 \cdot \frac{0,5}{2} = 0,2 \text{ м} \quad (6.65)$$

$$\text{tg} \rho_{\sigma\sigma} = 0,37; \rho_{\sigma\sigma} = 20^{\circ} 18' \quad (6.66)$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{0,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2} = 0,424; \alpha = 22^{\circ} 58' \quad (6.67)$$

$$F_a = \frac{375}{0,2 \cdot \text{tg}(22^{\circ} 58' + 20^{\circ} 18')} = 2083,3 \text{ Н} \quad (6.68)$$

Радіальна сила дорівнює:

$$F_r = F_a \cdot \text{tg} \alpha = 2083,3 \cdot 0,424 = 666,7 \text{ Н} \quad (6.69)$$

Визначаємо реакцію в опорі А тому що в точці В значення величини реакції опори буде такою ж ,тільки з знаком протилежним за значенням:

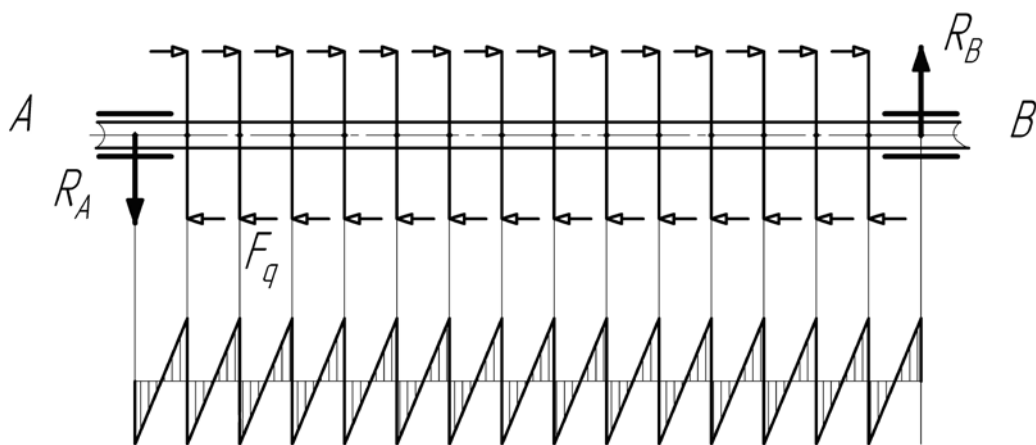
$$R_a \cdot l - F_q \cdot r_o \cdot z' = 0 \quad (6.70)$$

$$R_a = \frac{F_q \cdot r_o \cdot z'}{l} \quad (6.71)$$

де z' – кількість витків між двома опорами проміжними,
 $z' = \frac{l}{t_{\text{тр}}} = \frac{2,4}{0,4} = 6$ витків.

F_q – навантаження на один виток питоме,

$$F_q = \frac{F_a}{z} = \frac{F_a}{3 \cdot z'} = \frac{2083,3}{3 \cdot 6} = 115,7 \text{ Н} \quad (5.72)$$



Момент згинання від дії поздовжньої сили, що розподілена по довжині валу шнеку:

$$M = R_a \cdot r_o = 57,85 \cdot 0,2 = 11,57 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (6.74)$$

Робимо перевірку:

$$57,85 \cdot 2,4 - 115,7 \cdot 0,2 \cdot 6 = 138,84 - 138,84 = 0 \quad (6.75)$$

Реакція опори в точці А розрахована правильно.

6.7 Конструктивний розрахунок апарату

Вибір підшипника вала

Тому, як підшипники кінцях валу встановлені однакові та на них діє однакове зусилля навантаження тому досить буде зобразувати тільки з одного боку.

Вибираємо підшипник NSK 35BER20XV1V, з наступними характеристиками :

$$C = 39200,0 \text{ H};$$

$$\text{Співвідношення } F_r/F_a = 666,7/2083,3 = 0,32 < e = 0,36; \quad (6.76)$$

Для підшипників однорядних при $\frac{F_r}{F_a} \leq e$ беремо $X = 1, Y = 0$.

Визначаємо еквівалентне навантаження :

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a)K_T K_B = (1 \cdot 666,7 + 0 \cdot 2083,3) \cdot 1,5 \cdot 1 = 4125(\text{H}) \quad (6.77)$$

Визначаємо довговічність підшипників:

Довговічність підшипників розраховується за формулою:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{39200}{4125}\right)^3 = 858,2(\text{млн. об.}); \quad (6.78)$$

$$C_{роз} = P \cdot \sqrt[3]{L} = 4125 \cdot \sqrt[3]{858,2} = 39191,6\text{H} \leq 39200\text{H}; \quad (6.79)$$

На проміжному валу розраховуємо підшипник.

Вибираємо підшипник 3056210, з наступними характеристиками :

$$C = 40800 \text{ H};$$

$$\text{Співвідношення } F_r/F_a = 666,7/2083,3 = 0,32 < e = 0,36; \quad (6.80)$$

Для підшипників однорядних при $\frac{F_r}{F_a} \leq e$ приймають $X = 1, Y = 0$.

Розраховуємо навантаження еквівалентне:

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a)K_T K_B = (1 \cdot 666,7 + 0 \cdot 2083,3) \cdot 1,5 \cdot 1 = 4125(\text{H}) \quad (6.81)$$

Розраховуємо довговічність підшипників :

Номінальна довговічність розраховується за формулою :

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{40800}{4125}\right)^3 = 949,9(\text{млн. об.}); \quad (6.82)$$

$$C_{роз} = P \cdot \sqrt[3]{L} = 4125 \cdot \sqrt[3]{949,9} = 40549\text{H} \leq 40800\text{H}; \quad (6.83)$$

Розрахунок шпонки валу

1. Вал вхідний (шпонка під посадку муфти).

Для діаметра у межах 33...38, приймаємо шпонку $b = 12,0$ мм, $h = 8,0$ мм, $t_1 = 5,0$ мм, $t_2 = 3,60$ мм.

За формулою визначаємо розрахункову довжину:

$$l_p \geq \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot [\sigma_{3M}]} = \frac{2 \cdot 260000}{33 \cdot (8 - 5) \cdot 90} = 5,8 (\text{мм}); \quad (6.84)$$

Приймаємо конструктивно довжину $l = 60,0$ мм.

Визначаємо значення σ_{3M} , що не повинно перевищувати (100...120),

$$\sigma_{3M} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} = \frac{2 \cdot 260 \cdot 10^3}{33 \cdot 60 \cdot (8 - 5)} = 87,6 \text{ МПа} \quad (6.85)$$

Отже умова виконується.

Розрахунок шліцевого з'єднання на валу

По напруженню змінання здебільшого виконується розрахунок шліцевого з'єднання як перевірочний:

$$\sigma_{3M} = \frac{2 \cdot T}{d_c \cdot z \cdot h \cdot l \cdot \psi} \leq [\sigma_{3M}] \quad (6.86)$$

де T – крутний момент розрахунковий, Н×мм; d_c – діаметр шліців середній, мм; z – кількість шліців; h – висота контакту поверхні; ψ – коефіцієнт, що враховує навантаження, яке розподілене між шліцами.

$$d_c = 0,5 \cdot (D + d) = 0,5 \cdot (42 + 36) = 39 \text{ мм}$$

$$h = 0,5 \cdot (D - d) - f_b - f_c = 0,5 \cdot (42 - 36) - 0,4 - 0,2 = 2,4 \text{ мм}$$

$$\psi = 0,7 \dots 0,8 \quad (6.87)$$

$$\sigma_{3M} = \frac{2 \cdot 260 \cdot 10^3}{39 \cdot 8 \cdot 2,4 \cdot 82 \cdot 0,7} = 10,5 \leq 40 \dots 70 \text{ МПа} \quad (6.88)$$

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

Вихідним матеріалом деталі є Ст5. У мало серійному та одиничному виробництві заготовку отримують за допомогою відкритого формування в землю чи в оболонкових формах. В умовах серійного чи масового виробництва поширене машинне формування. Вихідним документом для розроблення кресленика виливки є кресленик деталі, на який додається припуск для механічної обробки; припуск технологічний; вказівки технологічні по виготовленню виливки. Припуск на механічну обробку призначають з урахуванням неточності при виготовленні виливки. Припуск на обробку механічну залежить від габаритних розмірів деталі. Величина припуску є регламентною і складає 0,7 – 5 мм для сталі. [16, 17, 19, 20]

Службове призначення деталі

Кришка – це деталь підшипникового вузла. Конструкція деталі має чотири отвори діаметром 8 мм, які призначені для кріплення кришки до корпусу підшипника. Центрування деталі відбувається по циліндричній поверхні діаметром 62 мм і торцевій. Тому впливає, що кришка може виконувати роль опори при обертанні інших деталей у складальній одиниці. [16, 17, 19, 20]

Розрахунок припусків [16, 17, 19, 20]

По найточнішому розміру $\varnothing 50h7$, проведемо розрахунок припуску загального литої заготовки.

Припуск на чистове розвертання:

$$2Z_{2\min} = 2 \left(R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2} \right),$$

де $T_{\text{пр}1}$, D_1 , R_{z1} , – відповідно становлять сумарна просторова похибка при чорновому точінні, глибина дефектного шару і висота мікронерівностей;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кравенський С.В.	Назва, додаткова назва Технологічний маршрут виготовлення деталі	21-2080.KP.01.007 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.					

ϵ_{y2} – при чистовому точінні похибка устанавлення.

Для поверхні типу Вал вибираємо $R_{z1} = 10,0$ мкм, $D_1 = 20,0$ мкм.

При встановленні деталі у патрон $T_{пр1} = 100,0$ мкм і $\epsilon_{y2} = 0$ мкм.

Маємо наступне

$$2Z_{2min} = 2(10 + 20 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 260, \text{ мкм}$$

$$2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 - T_2,$$

де T_1 – при чорновому точінні допуск розміру, $T_1 = IT12 = 390,0$ мкм;

T_2 – при чистовому точінні допуск, $T_2 = IT9 = 160,0$ мкм

$$2Z_{2max} = 260 + 390 - 160 = 490 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{490 + 260}{2} = 375 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове розвертання:

$$2Z_{3min} = 2 \left(R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{пр1}^2 + \epsilon_{y2}^2} \right),$$

де $T_{пр1}$, D_1 , R_{z1} , – відповідно становлять сумарна просторова похибка при чорновому точінні, глибина дефектного шару і висота мікронерівностей;

ϵ_{y2} – при чистовому точінні похибка устанавлення.

Вибираємо для поверхні типу Вал $R_{z1} = 10,0$ мкм, $D_1 = 20,0$ мкм.

При устанавленні деталі в патрон $T_{пр1} = 800,0$ мкм і $\epsilon_{y2} = 100,0$ мкм.

Маємо наступне

$$2Z_{3min} = 2(10 + 20 + \sqrt{800^2 + 100^2}) = 1672 \text{ мкм}$$

На напівчистове точіння припуск:

$$2Z_{4min} = 2 \left(R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{пр1}^2 + \epsilon_{y2}^2} \right),$$

де $T_{пр1}$, D_1 , R_{z1} , – становлять відповідно сумарна похибка просторова при чорновому точінні, глибина дефектного шару і висота мікронерівностей;

ϵ_{y2} – при чистовому точінні похибка устанавлення.

Для поверхні типу Вал вибираємо $R_{z1} = 20,0$ мкм, $D_1 = 20,0$ мкм.

При встановленні деталі у патрон $T_{пр1} = 100,0$ мкм і $\epsilon_{y2} = 0$ мкм.

Маємо наступне

$$2Z_{4\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 280 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_1 - T_2,$$

де T_1 – при чорновому точінні допуск розміру, $T_1 = IT12 = 390,0$ мкм;

T_2 – при чистовому точінні допуск, $T_2 = IT9 = 160,0$ мкм

$$2Z_{4\max} = 280 + 390 - 160 = 510 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4\text{ном}} = \frac{2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}}{2} = \frac{510 + 280}{2} = 395 \text{ мкм}$$

На чорнове точіння припуск:

$$2Z_{5\min} = 2 \left(R_{z0} + D_0 + \sqrt{T_{\text{пр}0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \right),$$

де R_{z0} , D_0 , $T_{\text{пр}0}$ – відповідно значення висоти мікронерівностей, глибини дефектного шару і сумарна просторова похибка;

ε_{y2} – похибка установлення при чорновому точінні.

Для заготовок розміром до 1250 мм вибираємо $R_{z0} = 200$ мкм, $D_1 = 300$ мкм.

Просторову похибку приймаємо $T_{\text{пр}0} = 800,0$ мкм.

При встановленні деталі у патрон $\varepsilon_{y1} = 100,0$ мкм.

$$2Z_{5\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{800^2 + 100^2}) = 2612 \text{ мкм.}$$

Загальний припуск становить:

$$2Z_{\text{сум}} = \sum 2Zi_{\text{ном}} = 375 + 395 + 1672 + 2612 = 5054 \text{ мкм.}$$

Приймаємо тоді $2Z_{\text{сум}} = 5,0$ мм.

Технологічний маршрут виготовлення деталі [16, 17, 19, 20]

№ операції	Назва операції, або переходу	Технологічне устаткування, пристрої, інструмент для оброблення, контрольний
10	Заготівельна (ливарна) УЗЗ	Лиття заготовки із сталі 5Л в оболонкову форму
20	Токарна УЗЗ	Верстат токарно-гвинторізний 16К20 з 3-х кулачковим патроном
20.1	Торцювати пов.1 $\varnothing 62,0$, зняти 2,50 мм	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
20.2	Точити пов. 2 на l =6 мм, начорно $\varnothing 62,0$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
20.3	Точити пов. 2 на l =6 мм, начисто $\varnothing 62,0$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
20.4	Точити пов. 3 на l =14 мм, начорно $\varnothing 102$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
20.5	Точити пов. 3 на l =14 мм, начисто $\varnothing 102$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
20.6	Точити пов. 4 на l =8 мм, начорно $\varnothing 50$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
20.7	Точити пов. 4 на l =8 мм, начисто $\varnothing 50$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
30	Токарна УЗЗ	Верстат токарно-гвинторізний 16К20 з 3-х кулачковим патроном, упор
30.1	Торцювати пов.1 $\varnothing 102$, зняти 3 мм начорно	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
30.2	Торцювати пов.1 $\varnothing 102$, зняти 3,0 мм начисто	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
30.3	Точити пов.2 на l =3 мм, начисто $\varnothing 102,0$	Прохідний різець відігнутий правий, Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; VxHxL=16x25x140, ШЦ1
30.4	Розвернути отвір пов. 3 $\varnothing 36$, витримавши	Розвертка $\varnothing 55$, калібр пробка $\varnothing 55$

	l = 3 мм, начорно	
30.4	Розвернути отвір пов. 3 Ø36, витримавши l = 5 мм, начисто	Розвертка Ø55, калібр пробка Ø55
40	Свердлильна УЗЗ	Радіально - свердлильний верстат 2А125, кондуктор, упор
40.1	Свердлити 4 отв. під Ø8Н8 пов.1	Свердло Ø7, Р6М5
40.2	Зенкерувати 4 отв. під Ø8Н8 пов.2	Зенкер Ø7,85, Р6М5
40.3	Розвернути 4 отв. під Ø8Н8 пов.3	Розвертка Ø8Н8, калібр-пробка Ø8Н8

Розрахунок режимів різання на прикладі токарної операції 20 [16, 17, 19, 20]

Перехід 20.1. Точити торець пов.1 Ø102 на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.

1. Приймаємо відігнутий правий різець токарний прохідний. Матеріал пластини різця – твердий сплав Т15К6; переріз державки 16×25 мм; матеріал державки – сталь 45; довжина 140 мм різця; радіус різця при вершині – $r=0,8$ мм.

2. В даному випадку, глибина різання визначається припуском на підрізання торця і становить $t = 3$ мм.

3. Подача. Для різців, що мають твердосплавні пластини перетином стержня 16×25 при точінні заготовки з діаметром до 400,0 мм і при глибині різання до 3,0 мм подачі рекомендуються 0,8...1,3 мм/об. Вибираємо $S_B = 1$ мм/об.

4. Розрахункова швидкість різання визначається:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} = \frac{153}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,45}} = \frac{153}{120^{0,2} 3^{0,15} 1^{0,45}} = 49,68 \text{ м/хв}$$

де $C_v = 153$ – коефіцієнт, що залежить від виду оброблення, оброблюваного матеріалу і кута різця в плані;

$T = 120$ – період стійкості інструмента;

5. Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_s} = \frac{1000 \cdot 49,68}{3,14 \cdot 145} = 109,11 \text{ об/хв}$$

де D_s – діаметр заготовки, мм.

Приймаємо $n_b = 100$ об/хв.

6. Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_\phi = \frac{\pi D_s n_b}{1000} = (3,14 \cdot 102 \cdot 100) / 1000 = 32,03 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L_p = l + l_1 + l_2 + l_3 = 72,5 + 2 + 2,5 + 2 = 79 \text{ мм}$$

де $l = \frac{D_s}{2} = 102/2 = 51$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_1 = 2$ – відстань для підведення різця з робочою подачею, мм;

$l_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2,5$ – величина врізання інструменту, мм;

$l_3 = 2$ – величина перебігу різця, мм.

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L_p}{S_n \cdot n_n} = \frac{79}{1 \cdot 100} = 0,79 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{д1} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,05 + 0 + 0 = 0,05 \text{ хв}$$

де t_1 – час допоміжний, що зв'язаний безпосередньо з переходом для забезпечення поздовжнього точіння з встановленням різця на розмір при подачі автоматичній $t_1 = 0,05$ хв;

t_2 – час допоміжний для зміни частоти обертів шпинделя чи подачі, так як зміна не проводиться, то $t_2 = 0$;

t_3 – час допоміжний для інших дії при виконанні переходу, оскільки замін інструменту немає, тому $t_3 = 0$.

Перехід 20.2. Точити пов.2 $\varnothing 62$ начорно, $l = 6$ мм.

1. Вибираємо різець такий же як і при виконанні торцювання.

2. Глибина загальна різання при обробленні даної поверхні:

$$t = \frac{D_s - d}{2} = (65 - 62) / 2 = 1,5 \text{ мм}$$

де $D_3 = 65$ діаметр заготовки, мм;

$d = 62$ – діаметр деталі, мм.

На чистове оброблення залишається $t = 0,4$ мм, для чорнового – $t = 3,6$ мм.

3. Приймаємо подачу $S_B = 1,0$ мм/об.

4. Визначаємо швидкість різання розрахункову:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} = \frac{120}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} 3,6^{0,15} 1^{0,45}} = 38 \text{ м/хв}$$

5. Розрахункова частота обертання:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_3} = (1000 * 38) / (3,14 * 65) = 186 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_B = 100$ об/хв.

6. Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_\phi = \frac{\pi D_3 n_B}{1000} = 34,54 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L_p = l + l_1 + l_2 + l_3 = 55 + 2 + 3,6 + 0 = 60,6 \text{ мм}$$

де $l = \frac{D_3}{2} = 55$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_1 = 2$ – відстань для підведення різця з робочою подачею, мм;

$l_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 3,6 \operatorname{ctg} 45^\circ = 3,6$ – величина врізання інструменту, мм;

$l_3 = 0$ – величина перебігу різця для завершення оброблення поверхні, мм.

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{02} = \frac{L_p}{S_n \cdot n_n} = \frac{60,6}{1 \cdot 100} = 0,606 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,09 + 0,05 + 0,6 = 0,74$$

де t_1 – час допоміжний, що пов'язаний відповідно з переходом для поздовжнього точіння з встановленням різця по упору чи грубо по лімбу на верстатах, що мають висоту центрів до 125,0 мм при подачі автоматичній, $t_1 = 0,09$ хв;

t_2 – час допоміжний для заміни частоти обертів шпинделя чи подачі, $t_2 = 0,05$;

t_3 – час допоміжний для інших дії при виконанні переходу, час для заміни різця $t_3 = 0,6$.

Перехід 20.3. Точити пов.2 $\varnothing 65$ начисто, $l = 12$ мм.

1. Вибираємо різець як і в попередніх операціях.

2. Глибина різання при чистовому обробленні $t = 0,4$ мм

3. Приймаємо подачу при чистовому точінні із шорсткістю Ra 3,2 та радіусу при вершині різця $r=0,8$ мм рівною $S_B = 0,20$ мм/об.

4. Розрахункову швидкість різання визначаємо:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} = \frac{220}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} 0,4^{0,15} 0,2^{0,2}} = 13,46 \text{ м/хв}$$

5. Розрахункова частота обертання:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_s} = 42,27 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_B = 40$ об/хв.

6. Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_\phi = \frac{\pi D_s n_B}{1000} = 12,74 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L_p = l + l_1 + l_2 + l_3 = 50,7 + 2 + 0,4 + 0 = 53,1 \text{ мм}$$

де $l = \frac{D_s}{2} = 50,7$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_1 = 2$ – відстань для підведення різця з робочою подачею, мм;

$l_2 = t \text{ ctg } \varphi = 0,4 \text{ ctg } 45^\circ = 0,4$ – величина врізання інструменту, мм;

$l_3 = 0$ – величина перебігу різця для повного оброблення поверхні, мм.

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{03} = \frac{L_p}{S_B \cdot n_B} = \frac{53,1}{0,2 \cdot 40} = 6,64 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,09 + 0,05 + 0,6 = 0,74$$

де t_1 – час допоміжний, що пов'язаний відповідно з переходом для поздовжнього точіння з встановленням різця по упору чи грубо по лімбу для

верстатів, що мають висоту центрів до 125,0 мм при подачі автоматичній, $t_1 = 0,09$ хв;

t_2 – час допоміжний для зміну частоти обертів шпинделя чи подачі, $t_2 = 0,05$;

t_3 – час допоміжний для інших дії при виконанні переходу, час для зміни різця $t_3 = 0,6$.

Перехід 20.4. Точити пов.з $\varnothing 102$ начорно, $l = 14$ мм.

1. Вибираємо різець як і в попередніх операціях.

2. Глибина різання при обробленні даної поверхні:

$$t = \frac{D_з - d}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

де $D_з$ – діаметр заготовки, мм;

d – діаметр деталі, мм.

3. Приймаємо подачу $S_B = 1$ мм/об.

4. Визначаємо розрахункову швидкість різання:

$$V_P = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} = \frac{120}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} 2,5^{0,15} 1^{0,45}} = 31,07 \text{ м/хв}$$

5. Розрахункова частота обертання:

$$n_p = \frac{1000 V_P}{\pi D_з} = 65,97 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_b = 63$ об/хв.

6. Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_\Phi = \frac{\pi D_з n_b}{1000} = 29,67 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L_p = l + l_1 + l_2 + l_3 = 75 + 2 + 2,5 + 0 = 79,5 \text{ мм}$$

де $l = \frac{D_з}{2} = 75$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_1 = 2$ – довжина з робочою подачею для підведення різця, мм;

$l_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2,5$ – величина врізання інструменту, мм;

$l_3 = 0$ – величина перебігу різця для завершення оброблення поверхні, мм.

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{04} = \frac{L_p}{S_p \cdot n_p} = \frac{79,5}{1 \cdot 63} = 1,26 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{д4} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,09 + 0,05 + 0,6 = 0,74$$

де t_1 – час допоміжний, що пов'язаний відповідно з переходом для поздовжнього точіння з встановленням різця по упору чи грубо по лімбу на верстатах, що мають висоту центрів до 125, мм при подачі автоматичній, $t_1 = 0,09$ хв;

t_2 – час допоміжний на зміну частоти обертів шпинделя чи подачі, $t_2 = 0,05$;

t_3 – час допоміжний для інших дій при виконання переходу – заміна різця $t_3 = 0,6$.

Перехід 20.5. Точити пов.4 $\varnothing 50$ начорно, $l = 8$ мм.

1. Приймаємо упорний правий токарний прохідний різець. Матеріал пластини різця – твердий сплав Т15К6; переріз державки 16×25 мм; матеріал державки – сталь 45; довжина різця становить – 140,0 мм.

2. Загальна глибина різання при обробленні даної поверхні:

$$t = \frac{D_з - d}{2} = 11 \text{ мм}$$

де $D_з$ - діаметр заготовки, мм;

d - діаметр деталі, мм.

Так як загальна глибина різання 11 мм, то обробляти поверхню будемо в декілька проходів. Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t=2,7$ мм та $n = 4$ проходи. На чистову обробку залишається $t=0,2$.

3. Приймаємо подачу при чорновому точінні $S_B = 1$ мм/об.

4. Розрахункову швидкість різання визначаємо:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} = \frac{120}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,2}} = \frac{120}{120^{0,2} 2,7^{0,15} 1^{0,45}} = 39,64 \text{ м/хв}$$

5. Розрахункова частота обертання:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_з} = 175,34 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_B = 160$ об/хв.

6. Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D_3 n_B}{1000} = 36,17 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L_p = l + l_1 + l_2 + l_3 = 50,7 + 2 + 0,2 + 0 = 52,9 \text{ мм}$$

де $l = \frac{D_3}{2} = 36$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_1 = 2$ – відстань для підведення різця з робочою подачею, мм;

$l_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,2$ – величина врізання інструменту, мм;

$l_3 = 0$ – величина перебігу різця для повного оброблення поверхні, мм.

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{06} = \frac{L_p}{S_B \cdot n_B} \cdot n = \frac{52,9}{1 \cdot 160} \cdot 4 = 1,32 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{д6} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,09 + 0 + 0 = 0,09$$

де t_1 – час допоміжний, що пов'язаний відповідно з переходом для поздовжнього точіння з встановленням різця по упору чи грубо по лімбу при подачі автоматичній $t_1 = 0,09$ хв;

t_2 – час допоміжний на заміну частоти обертів шпинделя чи подачі – заміна не проводиться, тому $t_2 = 0$;

t_3 – час допоміжний для інших дій при виконання переходу – ніяких дій не проводиться, тоді $t_3 = 0$.

Перехід 20.7. Точити пов.4 $\varnothing 50$ начисто, $l = 8$ мм.

1. Приймаємо різець як і в попередньому переході.

2. Глибина різання при обробленні даної поверхні $t = 0,2$ мм

3. Приймаємо подачу при чистовому точінні із шорсткістю Ra 3,2 мм рівною $S_B = 0,2$ мм/об.

4. Розрахункову швидкість різання визначаємо:

$$V_P = \frac{C_V}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} = \frac{220}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} 0,2^{0,15} 0,2^{0,2}} = 148,19 \text{ м/хв}$$

5. Розрахункова частота обертання:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_3} = 655,48 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_b = 630$ об/хв.

6. Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_\phi = \frac{\pi D_3 n_b}{1000} = 142,43 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L_p = l + l_1 + l_2 + l_3 = 50,7 + 2 + 0,2 + 0 = 52,9 \text{ мм}$$

де $l = \frac{D_3}{2} = \frac{72}{2} = 36$ – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_1 = 2$ – відстань для підведення різця з робочою подачею, мм;

$l_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,2$ – величина врізання інструменту, мм;

$l_3 = 0$ – величина перебігу різця для повного оброблення поверхні, мм.

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{07} = \frac{L_p}{S_n \cdot n_n} = \frac{52,9}{0,2 \cdot 630} = 0,42 \text{ хв}$$

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{d7} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,09 + 0 + 0 = 0,09$$

де t_1 – час допоміжний, що пов'язаний відповідно з переходом для поздовжнього точіння з встановленням різця по упору чи грубо по лімбу при подачі автоматичній – $t_1 = 0,09$ хв;

t_2 – час допоміжний на зміну частоти обертів шпинделя чи подачі – зміна не проводиться – $t_2 = 0$;

t_3 – час допоміжний для інших дій при виконанні переходу, ніяких дій не проводиться – $t_3 = 0$.

Під час виготовлення деталі основний час на виконання операцій становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,79 + 0,606 + 6,64 + 1,26 + 1,32 + 0,42 + 0,18 = 11,22 \text{ хв}$$

Час допоміжний на виконання операції:

$$T_d = t_y + \sum t_{di} = 0,52 + 0,05 + 0,74 + 0,74 + 0,74 + 0,09 + 0,09 = 2,97 \text{ хв}$$

де $t_y = 0,52$ – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, хв.

Загальний час на виконання токарної операції:

$$T_3 = T_0 + T_d = 11,22 + 2,97 = 14,19 \text{ хв}$$

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу [5, 9, 22]

Обладнання, що поставляється в зібраному вигляді з заводів-виробників, не потребує монтажних операцій при монтажі. Монтажні роботи технологічного устаткування зводяться до його транспортування зі складу до місця монтажу; такелажні роботи всередині монтажної зони; розпакування, розконсервація; установка на фундамент, несучу металеву конструкцію, залізобетонну підлогу або голу підлогу; вирівнювання в горизонтальній і вертикальній площинах кріплення фундаменту і самоанкерних болтів; тест без навантаження.

Транспортування обладнання до місця монтажу здійснюється засобами механізації згідно з ППР. Монтаж технологічного устаткування здійснюється згідно з планом розміщення устаткування та установкою його по осях і відмітках. При монтажі ліній строго дотримуються установчі розміри машин і приєднання їх до конструкцій будівель у відповідності до проекту.

Технологічне обладнання, що встановлене, перевіряють за допомогою регульованих інвентарних прокладок, металевих прокладок або регулювальних затискних гвинтів, встановлених у підставі (стійці) верстатів. Місця установки розпірок і регулювальних гвинтів на поверхні підлоги повинні бути попередньо очищені, вирівняні і мати розміри, що перевищують розміри розпірок не менше ніж на 25 мм з кожного боку.

Горизонтальність установки перевіряють на оброблених поверхнях у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Вертикальність перевіряють за допомогою оброблених поверхонь і схилів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу	21-2080КР.01.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

При вивірці установки верстата відхилення вісей та відміток відносно горизонталі та вертикалі значення не повинні перевищувати (у мм на 1 м довжини): головні осі верстата в перерахунку на 10, фактична висота встановлено верстат 10, верстат від горизонталі 0,3. Перед пуском і налагодженням машину очищають від покриття антикорозійного та поверхні, які безпосередньо контактують зі харчовими продуктами, протирають ганчіркою, промивають гарячим розчином (милом або содою), а потім відповідно чистою водою та витирають щоб було сухо, перевіряють чи надійне кріплення всіх вузлів, перевіряють натяг ланцюгів приводних і пасів. Усі деталі, що працюють під дією тертя, змащуються відповідно до таблиці змащування машини.

Роботи з монтажу проводів на монтажному майданчику або на головній установці за технологією заводу-виробника та під технічним наглядом представника технічного контролю підприємства-виробника. Спочатку деталі збираються в вузли і створюються нестандартні елементи. Після зварювання огляньте зварні шви.

Каркас конструкції збирається. Деталі зберігання необхідно кріпити до нього поетапно. Труби встановлюють і перевіряють повторно.

Ремонт починають після огляду та появи старих поверхонь. Отвір згинається для підготовки листів металу. При необхідності розібрати перфоровану решітку і при виявленні дефектів заклеїти складові частини.

Деталі відновлюються трьома способами:

- метод індивідуального навчання;
- метод стандартних ремонтних розмірів;
- спосіб відновлення початкових розмірів.

Індивідуальний метод підготовки, також званий методом нестандартного ремонтного розміру, полягає в тому, що одну деталь вузла, зазвичай більш дорогу, піддають механічній обробці з метою усунення дефектів, що виникли на її поверхні. Другу частину вузла замінюють на

нову або на її зношену поверхню нарощують шар металу, який потім обробляють з урахуванням нового розміру першої частини. Цей спосіб є трудомістким і використовується для ремонту окремих або дрібних вузлів і деталей.

Стандартний метод ремонтного розміру передбачає механічну обробку найдорожчої частини зношеного вузла до певного попередньо встановленого ремонтного розміру. При цьому більш дешево сполучну деталь виготовляють заново монтажною підгонкою.

До недоліків способу можна віднести необхідність заміни зношених деталей, збільшення переліку номенклатури деталей, що ремонтуються для кожних вузлів відповідно пропорційно кількості конкретних ремонтних деталей.

Спосіб відновлення вихідних розмірів передбачає використання методів ремонту, які дозволяють відновити початкові розміри зношених деталей. Цей метод використовується, коли операція впливає на міцність деталі механічну, чи коли деталь, яку ремонтують, поєднується зі стандартною деталлю, або за певних експлуатаційних умов.

Наступними основними способами відбувається відновлення початкових розмірів:

- встановлення ремонтних виробів (деталей), наприклад втулок, бандажів, пластин;
- наплавлення газополум'яним або електродним способом;
- нарощування металу електrolітичним методом (хромування, осипання, нікельування);
- пластична деформація металу;
- заправка антифракційними сплавами;
- використання пластмас і клеїв синтетичних.

При використанні обладнання, технічне обслуговування відбувається між поточним ремонтом та капітальним, що здійснюються згідно

затвердженої на підприємстві системи технічного обслуговування і ремонту.

Спеціальна зупинка для цього виду технічного обслуговування не допускається. Технічне обслуговування здійснюється безпосередньо працівниками, які обслуговують обладнання.

Сушильну установку необхідно експлуатувати згідно з інструкцією технологічного процесу. Внутрішній огляд сушарки проводиться щорічно заводською комісією під керівництвом головного інженера за участю головного механіка і начальника цеху.

За нормами пожежної безпеки сушарку можна використовувати в закритих приміщеннях категорій «В», «С» і «Д», а за правилами електроустаткування - в приміщеннях класу П-Па.

Підготовка сушарки до роботи:

перевірити легкість обертання лопатей вентилятора та змащування приводних механізмів і підшипникових вузлів;

перевірити кріплення деталей і наявність щитків;

перевірити всі технологічні люки на надійне закриття;

перевірити джерело живлення;

перевірити регулювання заслінок;

відрегулювати заслінки відповідно до положення заслінок для кожної секції відводу та подачі теплоносія;

протягом двох годин обкатати та прогріти всі механізми сушарки на холостому ходу, при цьому не повинно бути нагрівання підшипників та залипання рухомих частин.

Інструкція з експлуатації сушильного апарату:

- для забезпечення стійкості до вологи та зменшення тепловтрат апарату необхідно теплоізолювати;

- для запобігання потраплянню в приміщення пилу, який може потрапити з відпрацьованим теплоносієм, під час роботи апарату необхідно очищати теплоносій в циклонах або фільтрах;
- при роботі сушильної установки необхідно стежити за параметрами теплоносія, за якістю готової продукції та іншими показниками;
- після капітального ремонту проводиться експлуатаційна перевірка режиму роботи апарату, а також забезпечення оптимальної роботи допоміжного та основного обладнання, усунення нерівномірного сушіння;
- при випробуванні сушильної установки визначаються всі її технологічні, теплотехнічні та конструктивні параметри;
- поверхня нагріву повітронагрівачів підлягає періодичному очищенню;
- з ряду причин, якщо сушильну установку потрібно зупинити на тривалий час, необхідно консервувати компоненти, що приводяться в дію, з повторною консервацією кожні 6 місяців.

9. Опис системи управління

Створення комп'ютерно-інтегрованого виробництва є основним напрямком автоматизації виробництва. Основною системою автоматизації тепер став функціонал мікропроцесорних систем управління.

Шнекова сушильна установка з киплячим шаром, як об'єкт керування, має ряд особливостей, а саме: необхідно постійно підтримувати задану температуру теплоносія в апараті, регулювати температуру теплоносія на виході з циклонів і кількість матеріалу, що подається на процес сушіння.

Запропоновано схему автоматизації процесу сушіння пивної дробини, наведену на рисунку 9.1.

Опис апаратурно – технологічної схеми

Волога пивна дробина стрічковим конвеєром 2 подається в сушарку 1, і одночасно з подачею продукту обертається шнек і подається теплоносієм. Теплоносієм подається з атмосфери відцентровим вентилятором 4 та проходить нагрівання до температури (140 °С), що є задана, в підігрівачі 5. Теплоносієм подається під газорозподільну сітку, з отворів на високій швидкості утворюється киплячий шар і процес сушіння відбувається до кінцевої вологості 10%.

Висушений матеріал видаляється конвеєром 5, а відпрацьований теплоносієм очищається в циклоні 6 і викидається в атмосферу.

Опис схеми автоматизації

Схема автоматизації сушіння пивної дробини передбачає автоматичне регулювання матеріального балансу сушильної установки, теплового режиму та ряду інших технологічних параметрів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис система управління	21-2080.KP.01.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

Продуктивність конвеєрної стрічки 2 регулюється, що працює в імпульсному режимі, відповідно до витрати зерна, виміряного перетворювачем навантаження шнека 1а, потім сигнал передається на вторинний пристрій ПК 1.1.

Контроль температурного режиму нагрівача здійснюється термоперетворювачем опору 2а і логометром 2г в комплекті з перемикачем 2ж.

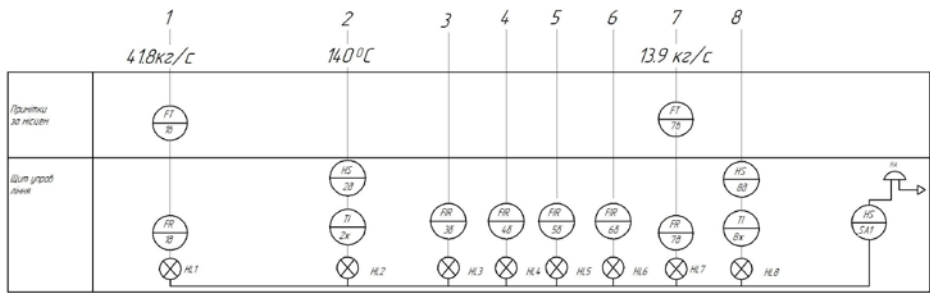
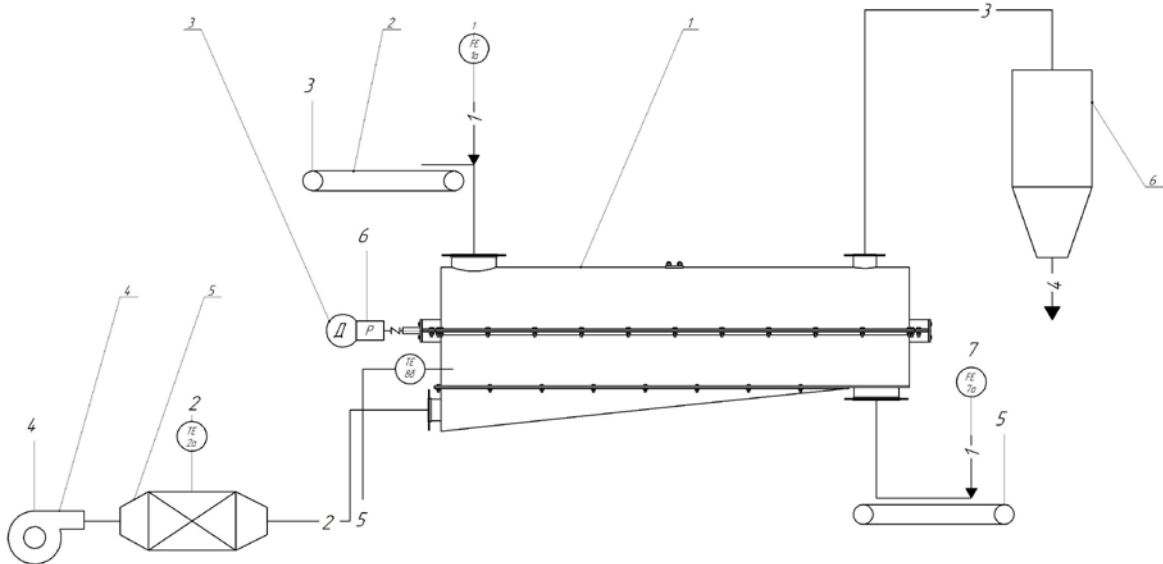
Контроль витрати зерна на виході із апарату здійснюється за допомогою схеми, що працює в імпульсному режимі за витратою матеріалу, виміряною перетворювачем навантаження шнека 7в, потім сигнал передається на пристрій вторинний ПК1. 1.

Від двигуна 1 сигнал надходить на магнітний пускач, а потім на кнопку станцію.

У кінці всіх ланцюгів встановлені сигнальні лампи.

Специфікація

№	Позначення	Найменування і технічна характеристика приладів автоматизації	Тип, або марка	Кількість
1	1 а	Перетворювач витрат ПД	ПИТ	1
2	1 д	Прилад реєстраційний		1
3	2 а	Термометр опору	ТСМ	1
4	2 д	Перемикач електричний	ПТИ-М	1
5	2 ж	Логометр	Л-64 П	1
6	3 а	Витратомір продукту	ПДТ-15а	1
7	SA 1	Перемикач ручний		1
8	SB 1	Станція кнопкова		1
9	HL 1	Лампа сигнальна		1



Умовне позначення ліній	Назва сигналізації в трубопроводі
—	Висхідний матеріал
—	Спадний матеріал
—	Відрахований матеріал
—	Висхідний матеріал
—	Висхідний матеріал

Позн.	Назва обладнання	К-ть	Помітка
1	Шнекова суміш	1	
2	Стручковий транспортер	2	
3	Мотар-редуктор	1	
4	Вентилятор	1	
5	Колірifer	1	
6	Шклян	1	

Рисунок 9.1 – Схема автоматизації

10. Заходи щодо охороні праці [7]

Законодавча база про охорону праці в Україні – це система нормативно-правових актів, що забезпечують регулювання відносини у сфері реалізації політики державної відповідно щодо організаційно-технічних, соціально-економічних, правових, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, які спрямовані на забезпечення збереження здоров'я та працездатність людини в процесі роботи на підприємстві.

На рисунку 10.1 наведено технологічну схему сушіння пивного зерна та наведено шкідливі виробничі фактори, які можуть впливати на здоров'я працівників при експлуатації обладнання, включеного в технологічну схему.

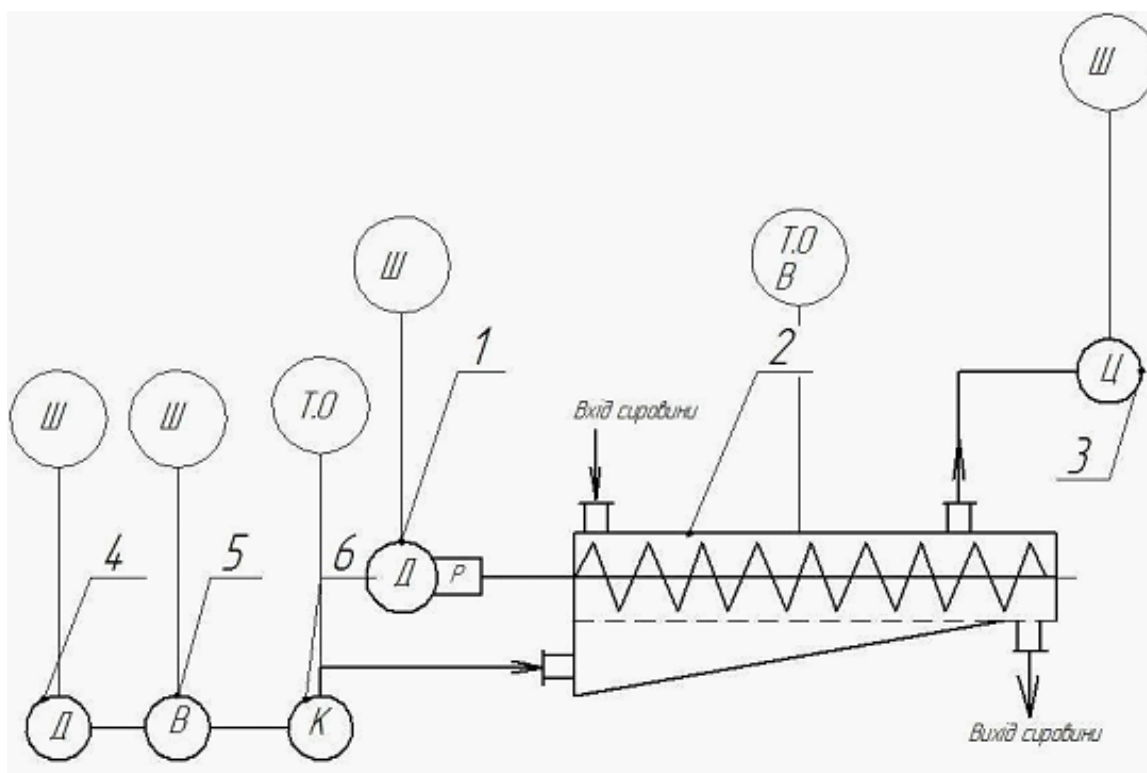


Рисунок 10.1 – Технологічна схема сушіння пивної дробини:

1 – мотор-редуктор; 2 – сушильний апарат; 3 – циклон; 4 – двигун; 5 – вентилятор; 6 – калорифер; Т.О – термічні опіки; В – вібрація; Ш - шум

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Крабенський С.В.	Назва, додаткова назва Заходи щодо охорони праці	21-2080.КР.01.010 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/5

Повітрообмін робочої зони

Нормуються параметри мікроклімату повітря робочої зони згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

Визначається такими факторами: температура повітря, відносна вологість, швидкість повітря в приміщенні. У холодну пору року виробничі приміщення опалюються.

Вентиляція. Сушильне відділення обладнане припливно-витяжною системою вентиляції.

Допустимі та фактичні значення мікроклімату наведені в таблиці 10.1

Таблиця.10.1

Період року	Температура повітря приміщення, °С				Відносна вологість повітря приміщення, %		Швидкість руху повітря в приміщенні, м/с	
	Допустиме значення		Фактичне значення		Допустиме значення	Фактичне значення	Допустиме значення	Фактичне значення
	На постійних робочих місцях	На не постійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На не постійних робочих місцях	На постійних і не постійних робочих місцях	На постійних і не постійних робочих місцях	На постійних і не постійних робочих місцях	На постійних і не постійних робочих місцях
Холодний період	17,0...23,0	15,0...24,0	21,0	22,0	75,0	72,0	0,30	0,280
Теплий період	27,0...30,0	29,0...31,0	28,0	29,0	75,0	73,0	0,40	0,250

Освітлення

Для забезпечення освітлення приміщення (відділення сушильного) передбачається освітлення природне та штучне відповідно до стандарту ДБН В.2.5-28-2006. У світловий час доби (денний час) необхідно реалізувати забезпечення найбільше внесення денного світла.

Для забезпечення денного освітлення застосовують освітлювальні прилади з люмінесцентними лампами та/або лампами розжарювання.

Норми освітлення приміщень:

- з комбінованими (газорозрядними лампами та лампами розжарювання) – 150 лк;

- для загального (газорозрядні лампи) – 100 лк;
- для загального (лампи розжарювання) – 100 лк.

Напруга освітлювальної мережі:

- робоча – 220 В;
- аварійна – 220 В;
- ремонт – 12 В.

Мережі для всіх типів освітлення роздільні та використовують кабель АВВГ.

Шум та вібрація

Шум у цеху (сушильному відділенні) створюється роботою приводів вентиляторів і рухомих частин обладнання (шнека), але він не перевищує нормативних значень. Гранично допустимий рівень шуму для цеху на місцях постійної роботи і на території адміністративних та виробничих приміщень підприємства не повинен перевищувати значення 80 дБ.

Рівень шуму, що є допустимим, на робочих місцях повинен відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму».

Необхідно дотримуватися таких умов для обмеження передачі шуму:

1. Повітропроводи установок і вентиляторів, що виходять з будівлі, обладнуються глушниками, що забезпечують зниження шуму до рівня, встановленого державними стандартами.
2. Підключення вентиляторів до повітропроводу за допомогою гнучких вставок.

Випромінювання

Процес сушіння пивного зерна супроводжується виділенням тепла від стінок установки і повітропроводів.

Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 35 Вт/м² при 50% опромінення, 70 Вт/м² – 25...50% і 100 Вт/м² – менше 25%.

Відповідно до ГСН 239-96 «Санітарні норми і правила захисту працівників від радіаційного випромінювання» теплорозділювальне обладнання повинно бути теплоізоляційним, щоб температура зовнішніх поверхонь не перевищувала 45 °С, а також у приміщеннях, що відносяться до пожежо- та вибухонебезпечних – 35°С. Не допускається використання легкозаймистих теплоізоляційних матеріалів.

Електробезпека

Дільниця сушіння пивного зерна, згідно з ПУЕ, відноситься до приміщень підвищеної небезпеки; в цеху електроживлення забезпечується від мережі напругою 220 і 380 В та частотою у 50 Гц, а тому для запобігання ураженню електричним струмом робітників і службовців, які знаходяться в цеху згідно з ДБН В.2.5 - 27- 2006 року заходи з електробезпеки в цій сфері передбачають:

- ізоляція струмоведучих частин обладнання;
- використання блокувальних пристроїв;
- виконання електрообладнання у вибуховому виконанні;
- обладнати всі лінії електропередач запобіжними пристроями.

Пожежна безпека

Відповідно до норм стандарту НАПБ В.03.002-2007, що визначають категорії приміщень і зовнішніх споруд за ступенем вибухонебезпечністю та пожежною небезпекою. Виробниче приміщення, де розміщено зерносушильний цех, відноситься до категорії вибухо- та пожежонебезпечних виробництва Д.С.

Вогнегасники використовуються для гасіння пожежі на початковій стадії. Вуглекислотні вогнегасники, перевага яких це висока ефективність гасіння пожеж та мають діелектричні властивості газу вуглекислого; кількість вогнегасників типу ВВ-2, ВВ-5 –один вогнегасник на 100 м² площі і розміщується на стінах. У приміщеннях цеху встановлені системи пожежогасіння автоматичні.

Пропозиції щодо покращенню умов праці

- забезпечити автоматизацію технологічного процесу на достатньому рівні (автоматична подача і контроль рівня матеріалу (продукту), автоматичне вивантаження та автоматичний контроль температури теплоносія в апараті);
- покращити (удосконалити) засоби контролю за рівнем шкідливих і безпечних факторів на виробництві;
- забезпечити надійну герметизацію обладнання для запобігання потраплянню в цех псевдозріженого шару зерна;
- запровадити в приміщеннях майстерні систему 5с (1с – сортування, 2с – чистота, 3с – прибирання, 4с – підтримання порядку, 5с – формування звички).

Висновки

У кваліфікаційній роботі бакалавра представлено удосконалення конструкції сушильного апарату шнекового типу. Удосконалення апарату для сушіння пивної дробини полягало в забезпеченні процесу сушіння з мінімальною енергоємністю та матеріаломісткістю. Аналіз способів та обладнання для сушіння пивної дробини, дозволив удосконалити та обґрунтувати схему апарату шнекового типу безперервної дії.

У роботі представлено напрям удосконалення апарату, що передбачає заміну конструкції газорозподільної решітки, забезпечуючи тим самим зменшення опору проходження теплоносія та втрат тиску. Встановлений під решітку запропонований направляючий профіль, дозволяє забезпечити рівномірну висоту псевдозрідженого шару пивної дробини та рівномірно розподілити теплоносій.

Сушильний апарат відрізняється простотою конструкції, відносно невеликими габаритами і високим ступенем технічного забезпечення, що забезпечує високу продуктивність і забезпечує належний рівень роботи всієї лінії. А висушена пивна дробина в киплячому шарі має високу якість і мінімально впливає на роботу обладнання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Крабенський С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок	21-2080.KP.01.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Список використаних літературних джерел

1. Вікіпедія (електронний ресурс) Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org> (дата звернення 28.11.2023). – Назва з екрана.
2. Гура О.В. Моделювання процесу сушіння окремої зернини пивної дробини в киплячому шарі продукту/ О.В. Гура, Н.М. Лавріненко, Г.І. Русланов, В.О. Сукманов //Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. -№10 (104). – С.123-130.
3. Гура О.В. Сушіння пивної дробини для використання її в харчових технологіях / О.В. Гура, Г.І. Русланов, В.О. Сукманов, Н.М. Лавріненко //Матеріали 2-ї міжгалузевої міжнародної наук. – практ. конф. «Харчові добавки, Харчування здорової та хворої людини», 5-7 квітня 2007 р. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2007. – С.304-306.
4. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Університет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.
5. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М. Заплетніков, В.Г. Мирончук, В.М. Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. – 344с.
6. Камінський В.Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. / В.Д.Каминський, М.Б.Бабич. – Одеса: Аспект, 2000. – 400 с.
7. Купчик М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К.: Основа, 2000. – 416 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Якобчук Р. Л.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Кравенський С.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних літературних джерел	21-2080.KP.01.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

8. Методичні рекомендації до виконання випускної роботи на здобуття освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв» денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.Г. Мирончук, М.В. Якимчук, О. М. Гавва, Р.Л. Якобчук, Є.М. Бабко – Київ.: НУХТ, 2022. - 48 с.

9. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум [Текст]: навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. — Київ: НУХТ, 2017. — 162 с.

10. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. / Підручник. / В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко та ін.; за ред. В.Г. Мирончука.– Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.

11. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288с.

12. Соколенко, А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І.Соколенко, О.Ю.Шевченко, В.А. Піддубний – Київ,"Люксар", 2008. – 443 с.

13. Соколенко, А.І. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.О. Сукманов – К.: Фенікс, 2011. – 536 с.

14. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л. Яровой и др.; Под ред. А.И. Соколенко. – К.: АртЭк, 2004. – 304 с.: ил.

15. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: Підручник. – К.: Либідь, 1997. — 352 с.

16. Сухенко Ю.Г., Бойко Ю. І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: Навч. посібник/За ред. проф. Ю. Г. Сухенка – К.: НУХТ, 2009.- 262 с.

17. Сухенко, Ю.Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ / Ю.Г.Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. —К.: НУХТ, 2010. —547 с.

18. Сушка пивної дробини (електронний ресурс) Режим доступу: <https://ua.tksservis.com/sushka-pivnoj-drobiny/>

19. Технология пищевого машиностроения / Г.А. Прейс, А.И. Безыкорнов. – К.: Вища шк. Головное изд - во, 1987. – 287с.

20. Технологічні основи машинобудування: методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напрямів підготовки 6.050502 "Інженерна механіка", 6.050503 "Машинобудування" денної та заочної форм навчання / уклад. : Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2015. — 193 с.

21. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції: Навч.-метод. посіб. для самот. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2005. — 221 с.

22. Чепелюк, О.О. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. / О.О. Чепелюк, О.А. Єщенко, Ю.Ю. Доломакін. – К.: НУХТ, 2017. – 311с.

23. Юхименко Н.П., Вакал С.В. и др. Аппараты взвешенного слоя. – Сумы: Собор, 2003. – 304 с.