

**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: Розроблення конструкції багатокамерної сушарки для сушіння кави

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

_____ **Мушта Максим Юрійович**
(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 – 2023р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

*Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Микола ЯКИМЧУК*

“ ____ ” _____ 20__ року

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

Мушті Максиму Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розроблення конструкції багатокамерної сушарки для сушіння кави

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 «11» листопада 2022 р. № 809-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» лютого 2023р.

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 аркуш; Складальні одиниці обладнання, вузли – 3 аркуш; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «01» жовтня 2022 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>	03.10.2022р.	
2	<i>Вступ</i>	14.10.2022р.	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	25.10.2022р.	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	27.10.2022р.	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	07.11.2022р.	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	09.11.2022р.	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	11.11.2022р.	
8	<i>Розрахункова частина</i>	14.11.2022р.	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	18.11.2022р.	
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	21.12.2022р.	
11	<i>Опис системи управління</i>	23.12.2022р.	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	27.12.2022р.	
13	<i>Висновки</i>	27.12.2022р.	
14	Список використаних літературних джерел		
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	29.12.2022р.	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2023р.	

Здобувач _____
(підпис)

Мушта М.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Якобчук Р.Л.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі, запропонована розробка горизонтальної багатокамерної сушильної установки з псевдозрідженим шаром для зневоднення (сушіння) зерен кави та інших сипучих продуктів.

Основною метою є розроблення конструкції сушарки, що забезпечує досягнення високоякісних показників сушення продукту.

Обсяг кваліфікаційної роботи: пояснювальна записка – 65 сторінок; кресленики – 5 аркушів формату А1; літературні джерела – 23.

Основні характеристики сушарки, що розробляються

Назва	Значення
Продуктивність по вологому матеріалу, кг/год	1000
Продуктивність по сухому матеріалу, кг/год	780
Температура повітря на вході в сушарку, °С	120
Температура повітря на виході з сушарки, °С	90
Розмір вхідної частинки, мм	8
Температура матеріалу на виході з сушарки, °С	50

Ключові слова: зерна кави, сушіння, псевдозріджений шар, сушильна установка.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	18-1992.КР.05.000 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 this qualification paper, the development of a horizontal multi-chamber drying unit with a fluidized bed for dehydration (drying) of coffee beans and other loose products is proposed.

The main goal is to develop a dryer design that ensures high-quality product drying performance.

The scope of the qualification work: explanatory note – 65 pages; drawing books – 5 sheets of A1 format; literary sources – 23.

The main characteristics of the dryer under development

Name	Meaning
Productivity for wet material, kg/h	1000
Productivity of dry material, kg/h	780
Air temperature at the entrance to the dryer, °C	120
Air temperature at the outlet of the dryer, °C	90
The size of the incoming particle, mm	8
Temperature of the material at the exit from the dryer, °C	50

Key words: coffee beans, drying, fluidized bed, drying unit.

ЗМІСТ

	стор.
Анотація.....	3
Перелік умовних позначень, термінів.....	5
Вступ.....	6
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	9
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	16
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	18
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	21
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	23
6. Розрахункова частина.....	25
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	35
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	50
9. Опис системи управління.....	54
10. Заходи щодо охорони праці.....	56
Висновки.....	62
Список використаних літературних джерел.....	63
Специфікації.....	66

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	18-1992.КР.05.000 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

ЗК – зерна кави.

ПЗШ – псевдозріджений (киплячий шар).

КМ – конструкційні матеріали.

G – продуктивність, кг/год.

Q – витрати теплоти.

w – вологість матеріалу, %.

t – температура теплоносія, °С.

C – теплоємність, Дж/(кг×°С).

ρ – густина, кг/м³.

Z – припуск на точіння, мкм.

T – допуск на точіння, мкм.

ДСН – державні санітарні норми.

ДСТУ – державний стандарт України.

ДБН – державні будівельні норми.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Перелік умовних позначень, термінів	18-1992.КР.05.000 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 (англ. drying) – зневоднення (видалення вологи) з твердих, рідких та пастоподібних матеріалів (продуктів, препаратів).

Забезпечення тривалого зберігання досягається сушінням, надається матеріалам певних властивостей і виключають баласт при транспортуванні. У процесі виробництва перед продажом чи пакуванням продукції, одним із останніх етапів є процес сушіння.

Зневоднення (сушіння) твердих і пастоподібних матеріалів зменшує вартість їх транспортування, а також забезпечує зменшення корозії поверхні обладнання.

За різних способів передачі теплоти, процес сушіння може проводитися як періодично так і безперервно:

- ✓ Конвективно (передача теплоти від джерела тепла до продукту, що зневоднюється відбувається теплоносієм – повітря, інертні гази, димові гази, перегріта пара);
- ✓ Контактно (передача теплоти до матеріалу, що висушується, відбувається через стінку (перегородку), яка має контакт з матеріалом);
- ✓ Терморадіаційно (сушіння за допомогою інфрачервоних променів);
- ✓ Струмами надвисокої частоти (розташовання матеріалу поміж двох електродів, по яких проходить високої частоти змінний струм);
- ✓ Акустично (дія на продукт інтенсивними ультразвуковими хвилями);
- ✓ Сублімаційно (зневоднення за температури меншої 0 °С з замерзанням та випаровуванням вільної вологи).

Конвективний та контактний (кондуктивний) спосіб сушіння найбільше застосовується в харчовій промисловості.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	18-1992.КР.05.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

В кваліфікаційній роботі розробляється сушарка з псевдозрідженим (киплячим) шаром (ПЗШ) продукту.

Спосіб псевдозрідження –метод інтенсифікації тепло- і масообміну (сушіння) між газом (рідиною) і твердим тілом. За рахунок великої площі поверхні частинок, що зневоднюється, в одиниці об'єму киплячого шару, дозволяють сприяти значній частині важливих технологічних процесів – сушіння, обпалювання і ін. Тому, це обладнання (апарати), що використовують псевдозріджений (киплячий) шар, досить широко використовуються у промисловості.

Гідродинаміка ПЗШ продукту забезпечує ефективність апаратів з ним, а дослідження характеристик гідродинаміки псевдозрідженого (киплячого) шару та конструкцій газорозподільних пристроїв (решіток) має важливе значення на практиці.

Широке впровадження метода псевдозрідження у промислову практику зумовлено його наступними перевагами, що є основними:

1. Вирівнювання температури і концентрацій в об'ємі ПЗШ твердої фази обумовлене інтенсивним перемішуванням. Це усуває небезпеку місцевого перегріву (чи переохолодження) твердих часток продукту, яка запобігає стабільному протіканню ряду процесів: теплових, каталітичних та інших.
2. Від псевдозрідженого шару до поверхні теплообміну (або у зворотному напрямку) значення коефіцієнтів ефективної теплопроводності і тепловіддачі є високими, що співрозмірні з значеннями відповідних коефіцієнтів для краплинних рідин. Ця особливість, що є важливою, псевдозрідженого шару забезпечує не тільки економію поверхні теплообміну а і робочі об'єми обладнання, проте також дозволяє здійснювати хімічні процеси та інші де теплове навантаження при точному температурному регулюванні є високим.

3. Для підвищення продуктивності обладнання та зниження дифузійних гальмувань є можливість використовувати тверді частинки з малими розмірами, що мають велику питому поверхню.
4. Створити апарати з безперервним відведенням відпрацьованої твердої фази і введенням свіжої дозволяє текучість ПЗШ з використанням виносних пристроїв, що забезпечують теплообміну і регулювання температури.
5. Можливість використання пастоподібних матеріалів і суспензій, твердих часток з широким діапазоном властивостей та зріджуючих теплоносіїв.
6. Відносно простий устрій апаратів з ПЗШ, легкість їх механізації і автоматизації.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

Аналізуючи конструкції аналогічного призначення, можна зробити висновок, що апарати з псевдозрідженим шаром широко використовуються в харчовій промисловості

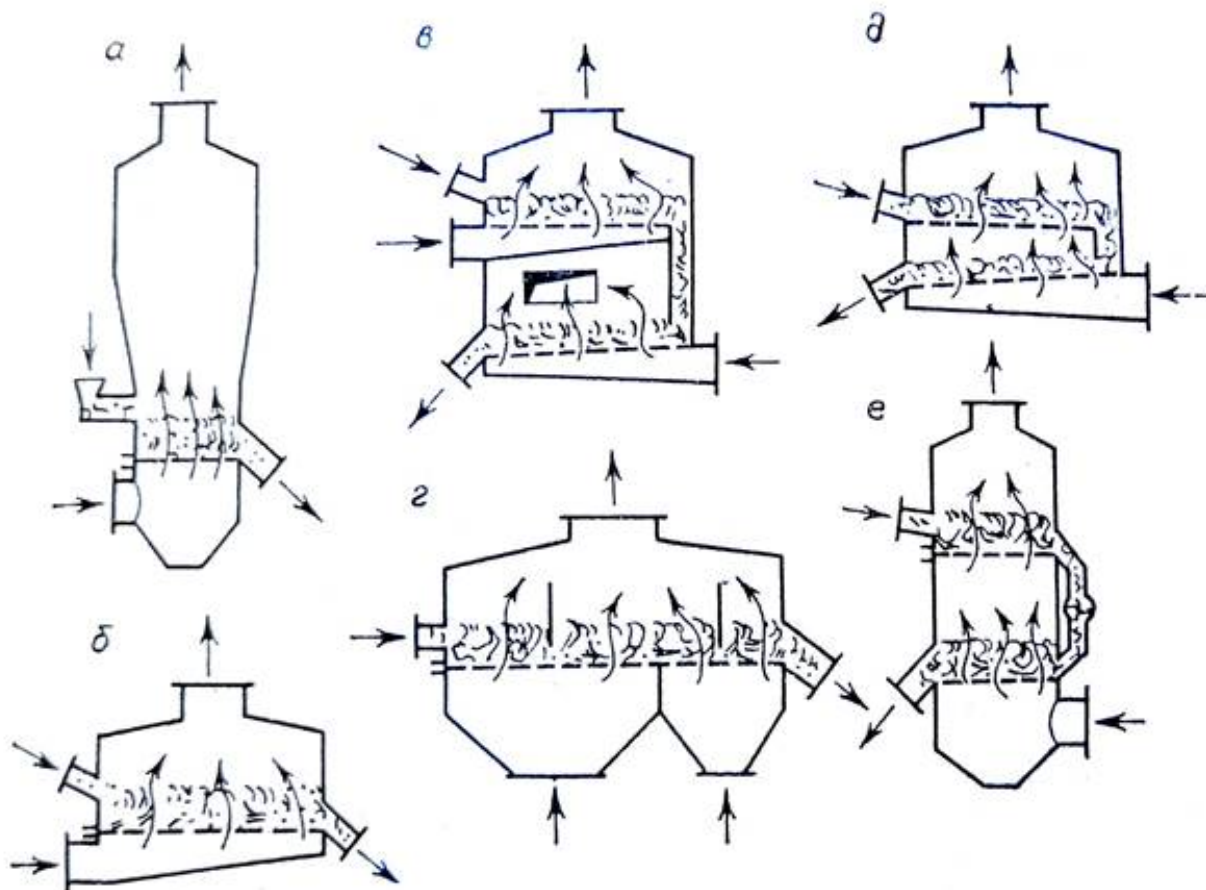


Рис. 1.1 Схеми різних сушарок з киплячим шаром

a – однозонна (однокамерна) сушарка з круглим перерізом, що використовується для сушіння термостійких продуктів); *б* – однокамерна прямокутного перерізу з відношенням довжин більше 2, рух матеріалу забезпечується від місця завантаження до вивантаження; *в* і *г* – багатозонні (багатокамерні) сушильні установки; *д* і *е* – багатокамерні сушарки з багатократним використанням теплоносія.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мушта М.Ю.	Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	18-1992.KP.05.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/7

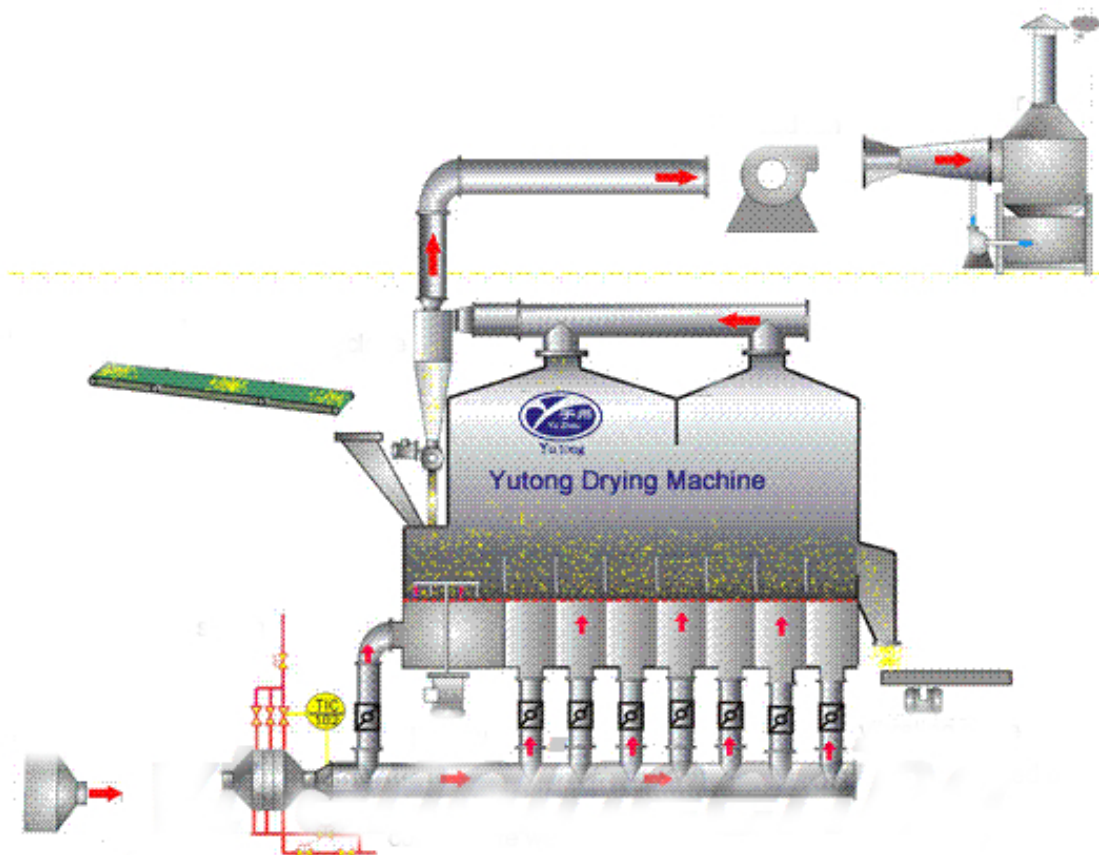


Рис.1.2. Прямокутна сушка з псевдозрідженим шаром XF компанії «Jiangsu Yutong Drying Equipment Co., Ltd»

Сушка з псевдозрідженим шаром, прямокутного перерізу, відіграє важливу роль у харчовій, фармацевтичній, хімічній промисловостях. Сушильна установка має у своєму складі нагрівача теплоносія киплячого шару, пилоуловлювача (циклона), сепаратора і витяжного вентилятора. Порядок роботи наступний, чисте і гаряче повітря (теплоносій) надходить в зону псевдозрідження через газорозподільну решітку. Живильником у камеру сушіння подається вологий матеріал, він буде перебувати в стані псевдозрідження (кипіння) під дією теплоносія, тому його ще називають сушаркою з псевдозрідженим шаром. За рахунок перебування продукту в гарячому в повітрі (потоці теплоносія), час на його висушування скорочується. Сушильний пристрій також застосовується для термочутливих

матеріалів, як результат дуже короткого часу сушіння і зниженої температури матеріалу.

Використання

У сушарці здатний протікати процес сушіння порошку та гранульованих матеріалів, таких як фармацевтичні препарати, гранульовані медичні засоби, корми, виробів з пластмаси і т.д. Рекомендований діаметр гранул –0,5...3 мм.

Характеристики

1. Прямокутні сушарки XF здатні розрізняти порційне сушіння або безперервне сушіння. Також вона автоматична.
2. Швидке висушування та низька температура забезпечують якісний результат сушіння. Обладнання виготовлене за всіма стандартами GMP.
3. Теплоносій може бути нагрітий за допомогою пари, електрика або гарячої вода.
4. Сушарка з псевдозрідженим шаром XF використовує азот замість кисню, який ефективно запобігає окисленню та зберігає білковий компонент сировини. Сушарка застосовується для висушування, охолодження та гранулювання легкозаймистих та вибухонебезпечних матеріалів.

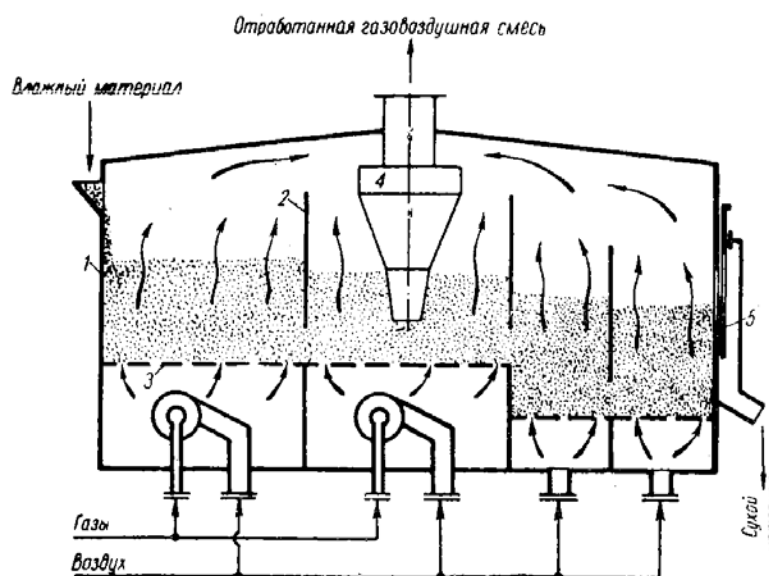


Рис.1.3. Сушарка фірми «Турбо-Фло», чотирьохсекційна прямокутна

Рівномірне сушіння матеріалу забезпечується тим краще чим більше число секцій і відповідно забезпечується на виході з останньої секції кращий продукт. А подача у кожен секцію теплоносія з різною температурою та швидкістю – є однією з переваг секційних сушарок. Для використання в більшій мірі різницю потенціалів теплоносія і продукту використовують вертикальне секціонування апаратів, що забезпечується спільним протитоком матеріалу і теплоносія.

Розміщення вертикальних перегородок у шарі забезпечує секціонування, а газорозподільна решітка є спільною для всіх секцій. Це представлено у даній сушарці, де у двох перших секціях здійснюється сушіння матеріалу, а у останніх двох – охолодження його холодним повітрям. В перегородках можуть бути отвори для переміщення матеріалу або бути переливні пороги, що регулюють висоту шару.



Рис.1.4 Сушарка марки «КРАТЕР КР»

Призначення її для конвективного сушіння хлібної крихти періодичною дією.

Робота її відбувається наступним чином. Процес сушіння відбувається у псевдозрідженому шарі де продукт переміщується по вертикалі. Продукт надходить зверху, а вивантажується – знизу. Вхідна температура повітря до 160°C, на виході відповідно ~ 40°C. Елементи нагрівання сушарки теплоізольовані. Продуктивність по завантаженню продукту – до 120 кг.

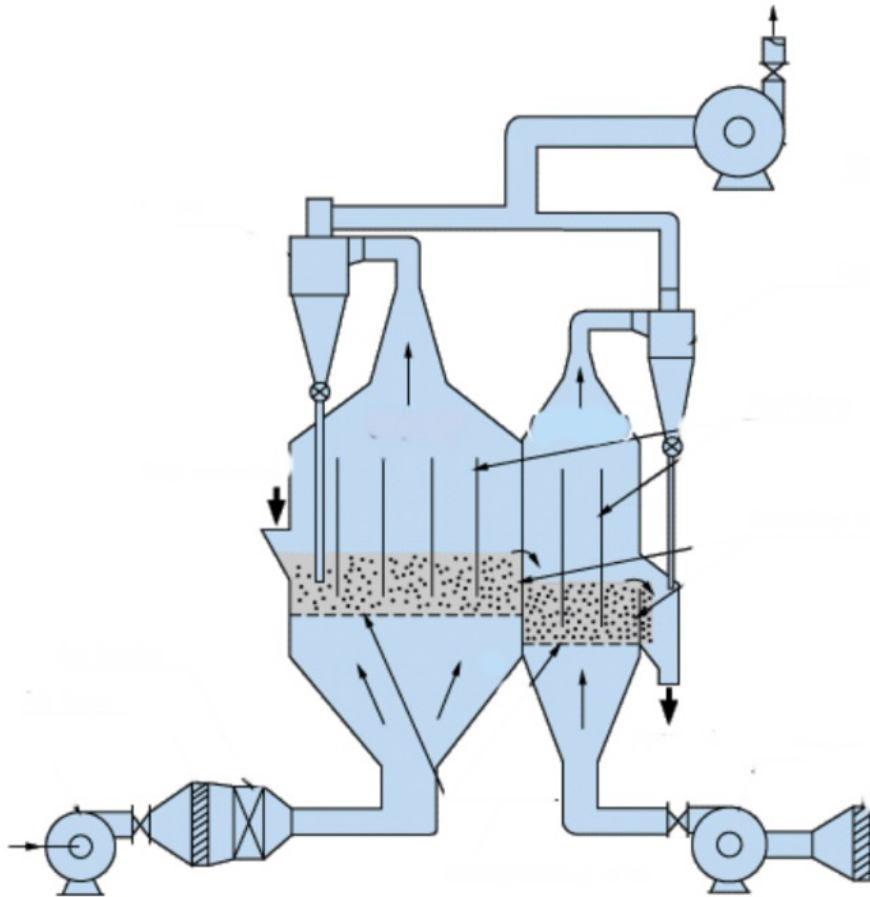


Рис.1.5 Сушарка фірми «KURIMOTO» горизонтальна багатокамерка з охолодженням шару

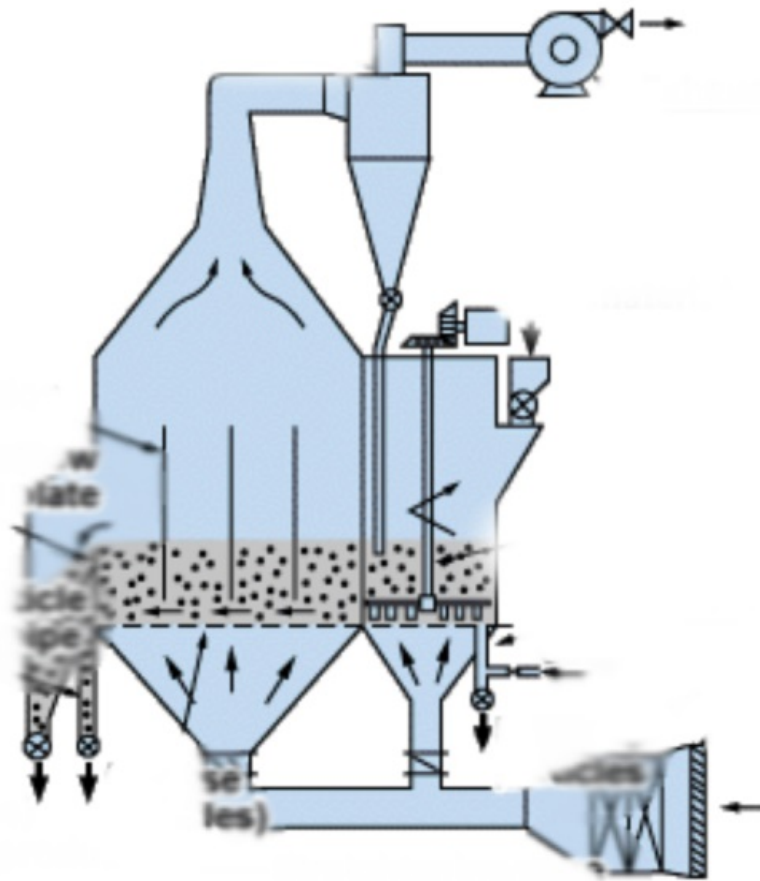


Рис.1.6 Безперервна багатокамерна сушарка фірми «KURIMOTO» з мішалкою

Особливістю даної сушарки є те, що температура в псевдозрідженому шарі легко налаштовується.

Гаряче повітря і матеріал у псевдоожиженому шарі перемішуються один з одним для забезпечення передачі тепла. Це дозволяє підтримувати температуру в середині сушарки постійною і дозволяє робити її коректування, що мінімізує зниження нерівномірності висушування та якості матеріалу.

Швидкий теплообмін забезпечує значна площа контакту матеріалу (частинок) з нагрітим повітрям. Забезпечується можливість сушіння продукту до значно низької вологості.

Можна регулювання часу перебування у діапазоні від кількох десятків секунд до майже декількох годин, це робить систему значно ідеальною для поступового висушування.

Відсутність майже рухомих частин зменшує вартість виготовлення та ремонт даного обладнання. Це дозволяє бути впевненим у безперебійному вивантаженню великих частинок продукту.

За допомогою багатокамерних (багатосекційних) сушарок можна зменшити коливання вологості продукту, що забезпечує звуження розподілу волого.

2. Техніко-економічне обґрунтування

В кваліфікаційній роботі представлена розробка конструкції багатокамерної горизонтальної сушарки для сушіння ЗК з псевдозрідженим шаром.

Зараз в сучасних ринкових відносинах виживає той, якого продукція є якісною та дешевшою за продукцію конкурентів. Без використання новітнього обладнання та технологій це зробити не можливо. Аналізуючи ринок виробництва та продажі сучасних технологічних ліній, а інколи ще і дороговартісних, виправдання цілі не завжди є. І це тому, що персонал, який обслуговує обладнання не завжди має відповідну кваліфікацію, а також не дотримання стандартів сировини та енергетичних ресурсів. Ось, тому для підприємств вітчизняного машинобудування є доцільним удосконалювати обладнання яке вже існує або розробляти (створювати) нове – це є практичніше і дешевше.

Основною метою розроблення сушарки є досягнення значних якісних показників ЗК, що досягається шляхом сушіння (подачі в сушарку) їх зразу ж після збирання.

Конструкція сушарки з ПЗШ, що розробляється, забезпечує видалення зайвої вологи з зерен кави і має у своєму складі три камери, з встановленням мішалки у першу. Мішалка у першій камері забезпечить рівномірне розподілення зерен по всьому її перерізі і одночасно відбуватиметься початок сушіння. Потім зерна кави потрапляють у другу камеру, де відбувається основне сушіння, а в третій (останній) камері – досушування та вивантажування готового продукту.

Дана конструкція сушарки може використовуватись поруч з місцями збирання ЗК і не тільки, тому що видалити зайву вологу з зерен необхідно на

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	18-1992.КР.05.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

протязі доби. Дана сушарка забезпечить процес сушіння ЗК тоді коли на можна буде застосувати природне висушування (вітер, дощ та ін.)

Використання даної сушарки для задоволення потреб як вітчизняних так і зарубіжних малих підприємств зернопереробної та інших галузей промисловості є техніко-економічно обґрунтованим.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Кава являє собою зерна (насіння) кавового дерева, що є культурних видів і відноситься до сімейства Rubiaceae, роду Coffea (C) Linney, маючи безліч видів і різновидів. У всьому світі розрізняють три основні ботанічні різновиди кавового дерева – арабіка, робуста і ліберіка. Кавове дерево в різних регіонах плодоносить у різні сезони – зазвичай розрізняють періоди основного врожаю і малого врожаю, які незначно відрізняються розміром ягід і також незначно — смаковими якостями настою. Вважається, що чим вище виростає кавове дерево, тим більш ароматний напій виходить з його зерен.

У світі відомо близько 60 видів кавових рослин, але лише біля двадцяти приносять плоди, придатні для кави. Залежно від клімату і температури, ягоди мають різні властивості: більшість продукції зосереджена у тропічному поясі. Тут розташовані основні країни-виробники кави, такі як Бразилія та Гватемала.

Серед безлічі видів кави, насправді лише два найбільш підходять для використання в кавових сумішах: це арабіка та робуста.

Саме зерно в кавовій ягоді захищено декількома шарами, що виконують різні функції. Основним завданням з обробки кавових ягід безпосередньо на плантації є видалення цих шарів без пошкодження самих зерен.

Ягода кави складається з двох плосковипуклих насінин, що обернені плоским боком один до одного.

Світло-зеленого кольору сере (необжарене) зерно кави, що мають різні відтінки (оливковий, жовтий, синій, сірим, коричневий), а вже колір смаженої кави відповідно від світло- до темно-коричневого, навіть чорного кольору.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Характеристика вихідного матеріалу і готової продукції	18-1992.KP.05.003 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

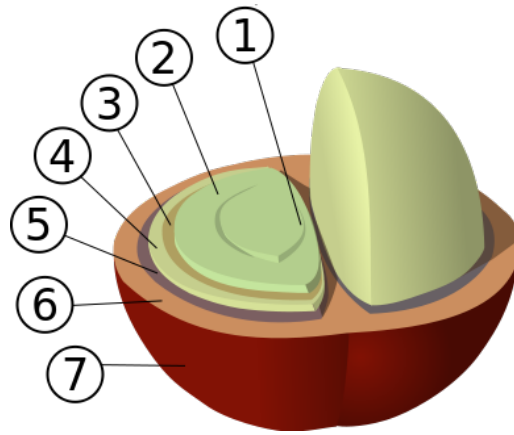


Рис. 3.1 Будова плоду:

1 – жолоб поздовжній; 2 – насінина; 3 – шкірка насіння; 4 – ендокарпій; 5 – шар пектиновий; 6 – плодова м'якоть; 7 – зовнішня плодова оболонка

Розмір ЗК відіграє найважливішу роль у визначенні його сортності – вважається, що чим крупніше зерно, тим спілішою була ягода, з якої його отримали, і відповідно, тим краще настій кави з такого зерна. Зерна кави сортуються за розміром за допомогою декількох сіток (сита) з отворами різного розміру: # 20 – осередок більше 8 мм - дуже велике зерно; # 19 – осередок 7,543 мм – екстра велике зерно; сито # 18 – осередок 7,146 мм – велика зерно; # 17 – осередок 6,749 мм – досить велика зерно; # 16 – осередок 6,352 мм – гарне зерно; # 15 – осередок 5,955 мм – середнє зерно; # 14 – осередок 5,558 мм – мале зерно; # 13 – осередок 5,161 мм – дрібне зерно; # 12 – осередок 4,764 мм – дуже дрібне зерно.

Сухий і вологий спосіб обробки ЗК після збирання.

Сухий спосіб

Після збору кавові зерна рівним шаром розсипають по рівній бетонній поверхні, землі або на спеціальні лотки. Сушіння на відкритій місцевості під сонцем займає до 5 тижнів та в основному залежить від висоти шару кавових зерен, а також від середньої температури та кількості сонячних днів.

Під час сушіння зерна потрібно постійно перемішувати. Закінчується процес сушіння коли вологість зерен становить 12%. По завершенню

сушіння їх засипають у мішки та протягом ще кількох тижнів витримують, де зарна втрачають вологу. Потім відбувається лущення та відокремлення зелених зерен.

Вологий спосіб

За вологої обробки зерен їх можна збирати і у дощ. Обробка у вологий спосіб є складнішою та комплексною у порівнянні з сухою. Зібрані зерна попередньо очищують та подають у апарат для відокремлення зерен від шкірки.

Успішною вважається обробка що проведена не пізніше 24 годин після збирання ЗК, а кращою – 12 год. Небажано змішувати кавові зерна, що зібрані в різний час.

Потім іде процес ферментації, метою якого є прискорене сушіння. Тонкий аромат і чудовий зовнішній вигляд кавові зерна набувають при правильній ферментації. За 12...36 год ферментації під дією ферментів кавові зерна очищуються від шкірки

Наступною і останньою стадією після ферментації є процес сушіння. Метою якого є видалення із зерен зайвої вологи, а залишкова волога становитиме 11...12%. Надмірне висушування кавового зерна негативно відзначається на його якості.

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

Провівши аналіз схожих конструкцій сушарок, пропонується розробка сушарки з вседозрідженим (киплячим) шаром для зневоднення (сушіння) зерен кави. Дана конструкція матиме у своїй будові три камери. Зерно кави подаватиметься у першу камеру через секторний дозатор, а за допомогою встановленої мішалці, буде рівномірно розподілятися по всій камері. В першій камері починається процес сушіння. Потім ЗК з першої камери потрапляє поступово у другу, де відбувається основний процес сушіння. Після другої камери ЗК потрапляють до останньої, де здійснюється досушування зерен до оптимальних параметрів. Готовий продукт вивантажується через секційний дозатор, що забезпечує не потрапляння повітря із зовні у камеру сушарки.

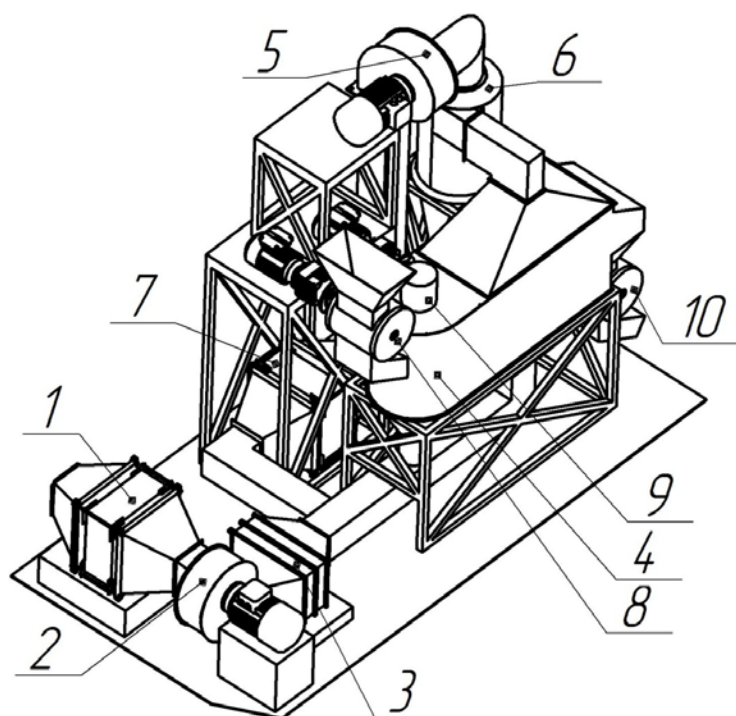


Рис 4.1 Будова сушарки

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення	18-1992.KP.05.004 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Принцип роботи сушарки наступний.

З навколишнього середовища повітря потрапляє у фільтр 1 за допомогою відцентрового вентилятора 2. Вентилятор подає повітря для нагрівання у паровий калорифер 3, у якому температура теплоносія нагрівається до необхідних параметрів.

Теплоносій (нагріте повітря) подається у камеру сушарки 4 із визначеною параметрами сушіння швидкістю. У сушарці теплоносій взаємодіє з продуктом, після чого відводиться витяжним вентилятором 5 та направляється на очищення в циклон 6 від дрібних частинок та пилу. Додатково очищене повітря у фільтрі 7 після циклону надходить на повторну подачу, так як має ще високу температуру (90 °С). Відпрацьований теплоносій та повітря, що нагрівається в калорифері змішуються з контролем до заданих параметрів. Підтримання заданої температури теплоносія для процесу сушіння контролюється датчиками та регулюється подачею пари у калорифер 3. Температура теплоносія, що подається на сушіння повинна становити 120...130°C.

Продукт у сушарку завантажується безперервно дозатором 8 секторного типу, що забезпечує продуктивність 1000 кг/год. Розподіл по площині в першій камері відбувається мішалкою 9, а теплоносій забезпечує знаходження шару зерен у псевдозрідженні.

Стан псевдозрідження матеріалу у камерах сушарки забезпечує перемішування та рівномірне його сушіння. Вивантаження висушених ЗК відбувається у протилежній стороні сушарки від завантаження секторним дозатором 11. Дозатор щільно приєднаний до корпусу сушарки і забезпечує продуктивність її по готовому продукту (висушених ЗК).

5. Вибір конструкційних матеріалів

Значного впливу навантажень зазнають деталі теплової апаратури та ємностей обладнання для харчової і преробної промисловості. Тому, матеріали з яких виготовляється дане обладнання повинне бути міцним. А деталі та частини обладнань, що контактують з харчовими матеріалами (містять кислоти, луги і ін.) мають бути виготовлені із сталей що є корозієстійкими. Не повинні вступати в реакції продукти, що обробляється, з деталями обладнання і не впливати на їх склад. Вибір правильних конструкційних матеріалів впливатиме на якість готового продукту та експлуатаційний термін самого обладнання.

КМ деталей сушильного апарату наступні: вузли і деталі, які мають контакт з продуктом, а також газорозподільна решітка та внутрішній корпус сушарки – сталь корозієстійка корпус AISI 316 (ДСТУ 7806:2015), або аналогічна – 12X18H10 (ДСТУ 7809:2015); система підготовки теплоносія, трубопроводи – сталь AISI 304 (ДСТУ 7806:2015), або сталь 45 (ДСТУ 7809:2015); трубопроводи системи видалення теплоносія (відпрацьованого повітря), устаткування уловлювання пилу (циклон) – 12X17 (ДСТУ 7809:2015); швелери і кутники каркасу сушарки – сталь Ст3 – ДСТУ 7809:2015; елементи з'єднання, такі як болти, гайки, шайби – сталь 35 (ДСТУ 7809:2015); теплоізоляція – совеліт; набивка ущільнююча – азбестовий шнур або набивка із терморозширеного графіту.

Інші деталі, що входять до будови сушарки, це є покупні стандартні деталі, такі як підшипники, манжети та ін., виготовляються з матеріалів, які передбачені стандартом на них.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів	18-1992.КР.05.005 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

Вітчизняні та зарубіжні харчові сталі з аналогічними або близькими властивостями

Стандарти Американського інституту чавуну та сталі (AISI США)	Вітчизняні стандарти
AISI 304	08X18H10
AISI 304L	03X18H11
AISI 316	08X17H13M2
AISI 316L	03X12H14M2
AISI 321	08X18H10T
AISI 316Ti	08X17H13M2T

6 Розрахункова частина

Вхідні дані:

$G := 1000 \text{ kg}$ Продуктивність по вологому продукту

$w_n := 30\%$ Волога матеріалу початкова

$w_k := 11\%$ Волога матеріалу кінцева

$t_1 := 120 \text{ }^\circ\text{C}$ Вхідна температура теплоносія

$t_2 := 90 \text{ }^\circ\text{C}$ Вихідна температура теплоносія

$d := 8 \text{ mm}$ Середні розмір кавових зерен

6.1 Матеріальний розрахунок

Продуктивність по вологому продукту сушарки:

$$G_n := \frac{G}{hr} = 1000 \frac{kg}{hr} \quad (6.1)$$

Продуктивність по сухому продукту сушарки:

$$G_k := \frac{100\% - w_n}{100\% - w_k} \cdot G_n = 786.517 \frac{kg}{hr} \quad (6.2)$$

Значення кількості випареної вологи

$$W := G_n - G_k = 213.483 \frac{kg}{hr} \quad (6.3)$$

6.2 Тепловий розрахунок

Теплота випарювання з продукту при $0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$r_0 := 2439 \frac{J \cdot 10^3}{kg} = 2439000 \frac{J}{kg} \quad (6.4)$$

Теплоємність водяної пари

$$c_n := 1.97 \frac{J \cdot 10^3}{kg \cdot K} = 1970 \frac{J}{kg \cdot K} \quad (6.5)$$

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахункова частина	18-1992.KP.05.006 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/10

Теплоємкість матеріалу, що висушується

$$c_m := 1.42 \frac{J \cdot 10^3}{kg \cdot K} = 1420 \frac{J}{kg \cdot K} \quad (6.6)$$

Вихідна температура матеріалу з сушарки:

$$t_{m1} := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Вхідна температура продукту в сушарку:

$$t_{m2} := 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Витрати теплоти на випарювання вологи

$$Q_{\text{вип.}} := W \cdot (r_0 + c_n \cdot (t_2 - t_{m1})) = 152.812 \text{ kW} \quad (6.7)$$

Витрата теплоти на нагрівання продукту

$$Q_{\text{нагр.}} := G_k \cdot c_m \cdot (t_{m2} - t_{m1}) = 9.307 \text{ kW} \quad (6.8)$$

Втрата теплоти в навколишнє середовище.

Приймаємо значення втрат наступне

$$\zeta := 10\%$$

$$Q_{\text{витр.}} := \zeta \cdot (Q_{\text{вип.}} + Q_{\text{нагр.}}) = 16.212 \text{ kW} \quad (6.9)$$

Втрати теплоти загальні

$$Q := Q_{\text{вип.}} + Q_{\text{нагр.}} + Q_{\text{витр.}} = 178.331 \text{ kW} \quad (6.10)$$

6.3 Витрати сухого повітря

Теплоємкість повітря сухого

$$c_{\text{нов.}} := 1 \frac{J \cdot 10^3}{kg \cdot K}$$

$$L := \frac{Q}{c_{\text{нов.}} \cdot (t_1 - t_2)} = 5.944 \frac{kg}{s} \quad (6.11)$$

Питомі витрати повітря сухого

$$l := \frac{L}{W} = 100.241 \frac{kg}{kg} \quad (6.12)$$

Атмосферного повітря, параметри

$t_0 := 19 \text{ } ^\circ\text{C}$ Температура повітря на вході в калорифер

$\varphi_0 := 71\%$ Відносна вологість зовнішнього повітря

Вологовміст повітря початковий

$$x_1 := 0.01 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Вологовміст повітря кінцевий

$$x_2 := x_1 + \frac{1}{l} = 0.02 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \quad (6.13)$$

6.4 Гідродинамічний розрахунок сушарки

Густина повітря за температури $0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\rho_{нов} := 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Густина відпрацьованого теплоносія

$$\rho_t := \rho_{нов} \cdot \frac{1 \text{ } ^\circ\text{C}}{t_2} = 0.976 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (6.14)$$

В'язкість повітря за температури $0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\mu_0 := 17 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

В'язкість повітря за температури $t_2 = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$

$C := 124 \text{ } ^\circ\text{C}$ (коефіцієнт допоміжний)

$$\mu_t := \mu_0 \cdot \left(\frac{1 \text{ } ^\circ\text{C} + C}{t_2 + C} \right) \cdot \left(\frac{t_2}{1 \text{ } ^\circ\text{C}} \right)^2 = 22.884 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s} \quad (6.15)$$

В'язкість повітря кінематична

$$v_t := \frac{\mu_t}{\rho_t} = 23.444 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad (6.16)$$

6.5 Робоча швидкість повітря

Густина продукту

$$\rho_m := 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Критерій Архімеда

$$Ar := \frac{g \cdot d^3}{\nu_t^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho_t}{\rho_t} = 7478191.361 \quad (6.17)$$

Для робочого режиму критерій Рейнольдса

$\varepsilon := 0.6$ Пористість шару псевдозрідження

$kr1 := 4.75$ $kr2 := 18$ $kr3 := 0.61$

$$Re_p := \frac{Ar \cdot \varepsilon^{kr1}}{kr2 + kr3 \cdot \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{kr1}}} = 1285.853 \quad (6.18)$$

Швидкість повітря робоча

$$v_p := \frac{Re_p \cdot \nu_t}{d} = 3.768 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (6.19)$$

Розміри сушарки в зоні газорозподільної решітки

Площа поверхні газорозподільної решітки

$$S_p := \frac{L \cdot (1 + x_2)}{\rho_t \cdot v_p} = 1.648 \text{ m}^2 \quad (6.20)$$

Приймаємо наступні розміри сушарки

$a := 0.8 \text{ m}$ Ширина сушарки

$b := 2 \text{ m}$ Довжина сушарки

$l_{cm} := 4 \text{ mm}$ товщина стінок апарата

$$S_p := (a - l_{cm}) \cdot (b - l_{cm}) + \frac{\pi \cdot (a - l_{cm})^2}{8} = 1.838 \text{ m}^2 \quad (6.21)$$

6.6 Висота псевдозрідженого шару

Критерій Прандтля

$$c := 1000 \cdot \frac{m^2}{s^2 \cdot K}$$

$$\lambda_t := 0.035 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$Pr := \frac{c \cdot \mu_t}{\lambda_t} = 0.654 \quad (6.22)$$

Критерій Нуссельта

$$kn1 := 0.4 \quad kn2 := 0.67 \quad kn3 := 0.33$$

$$Nu := kn1 \cdot \left(\frac{Re_p}{\varepsilon} \right)^{kn2} \cdot Pr^{kn3} = 59.287 \quad (6.23)$$

Коефіцієнт теплообміну в сушарці

$$\alpha := \frac{Nu \cdot \lambda_t}{d} = 2.594 \frac{1}{cm} \cdot \frac{W}{m \cdot K} \quad (6.24)$$

Число одиниць переносу

$$m_0 := \ln \left(\frac{t_1 - t_{m2}}{t_2 - t_{m2}} \right) = 0.56 \quad (6.25)$$

Питома поверхня сушіння

$$kn := 6$$

$$S_{num} := \frac{kn}{d} = 750 \frac{1}{m} \quad (6.26)$$

Об'єм псевдозрідженого (киплячого) шару

$$V_{сл} := \frac{L \cdot c \cdot m_0}{\alpha \cdot S_{num} \cdot (1 - \varepsilon)} = 0.043 m^3 \quad (6.27)$$

Висота киплячого шару

$$h_{сл} := \frac{V_{сл}}{S_p} = 23.264 mm \quad (6.28)$$

6.7 Перевірка умови винесення з апарату дрібних частинок

Значення мінімального розміру частинок приймає

$$d_{min} := 1 \text{ mm}$$

Критерій Архімеда

$$Ar_{min} := \frac{g \cdot d_{min}^3}{\nu_t^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_t}{\rho_t} = 14605.843 \quad (6.29)$$

Критерій Рейнольдса

$$Re_{min} := \frac{Ar_{min}}{kr2 + kr3 \cdot \sqrt{Ar_{min}}} = 159.242 \quad (6.30)$$

Швидкість "витання" дрібних частинок

$$v_{sum} := \frac{Re_{min} \cdot \nu_t}{d_{min}} = 3.733 \frac{m}{s} \quad (6.31)$$

Перевірка умови псевдорозрідження (кипіння) максимального розміру частинок

$$d_{max} := 9 \text{ mm}$$

Швидкість теплоносія у зоні газорозподільної решітки

$$v_{resh} := \frac{v_p \cdot t_1}{t_2} = 4.079 \frac{m}{s} \quad (6.32)$$

Швидкість теплоносія в отворах газорозподільної решітки

$\varphi := 10\%$ Частка живого перерізу

$$v_{отв} := \frac{v_{resh}}{\varphi} = 40.794 \frac{m}{s} \quad (6.33)$$

Швидкість теплоносія для псевдорозрідження частинок великого розміру

$k := 2.5$ число псевдозрідження частинок

$$v_{max.o.} := \frac{v_{oms}}{k} = 16.318 \frac{m}{s} \quad (6.34)$$

Критерій Архімеда

$$\rho_{t.max} := \rho_{nos} \cdot \frac{1 \text{ } ^\circ\text{C}}{t_1} = 0.902 \frac{kg}{m^3} \quad (6.35)$$

$$\mu_{0.max} := 17.3 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\mu_{t.max} := \mu_{0.max} \cdot \left(\frac{1 \text{ } ^\circ\text{C} + C}{t_1 + C} \right) \cdot \left(\frac{t_1}{1 \text{ } ^\circ\text{C}} \right)^2 = 25.236 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s} \quad (6.36)$$

$$v_{t.max} := \frac{\mu_{t.max}}{\rho_{t.max}} = 27.99 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{m^2}{s} \quad (6.37)$$

$$Ar_{max} := \frac{g \cdot d_{max}^3}{v_{t.max}^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho_{t.max}}{\rho_{t.max}} = 8087705.291 \quad (6.38)$$

Критерій Рейнольдса

$$kr2max := 1400 \quad kr3max := 5.22$$
$$Re_{max} := \frac{Ar_{max}}{kr2max + kr3max \cdot \sqrt{Ar_{max}}} = 497.855 \quad (6.40)$$

Швидкість теплоносія, що потрібна для розрідження максимальних частинок

$$v_{max.ч} := \frac{Re_{max} \cdot v_{t.max}}{d_{max}} = 1.548 \frac{m}{s} \quad (6.41)$$

6.8 Підбір допоміжних елементів

Підбір секторних дозаторів

$$\rho_n := 650 \frac{kg}{m^3} \quad \text{Насипна густина}$$

Продуктивність сушарки годинна

$$Q_{зод} := \frac{G_k \cdot hr}{\rho_n} = 4356.093 \text{ s} \cdot \frac{m^3}{hr} \quad (6.42)$$

Підбір устаткування для уловлення пилу (циклона)

Опір циклона, коефіцієнт

$$\xi := 60$$

Опір гідравлічний циклона

$$\Delta P_y := 700 \text{ Pa}$$

$$\rho_y := 1.11$$

Швидкість відпрацьованого повітря в циклоні

$$V_y := \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_y}{\xi \cdot \rho_y}} = 0.145 \frac{\text{gm}^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (6.43)$$

Значення діаметра циклона

$$K_y := 0.785 \quad \rho_{y1} := 0.97$$
$$D_y := \sqrt{\frac{L}{K_y \cdot V_y \cdot \rho_y}} = 0.217 \frac{\text{gm}^{\frac{1}{4}}}{\text{cm}^{\frac{3}{4}}} \cdot \text{m} \quad (6.44)$$

Розрахунок калорифера для отримання теплоносія

$$c_k := 1005 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{питома теплоємність вхідного повітря}$$

$$t_0 = 19 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплові витрати для нагрівання теплоносія

$$Q_k := L \cdot c_k \cdot (t_1 - t_0) = 2172184.57 \frac{\text{J} \cdot 10^3}{\text{hr}} \quad (6.45)$$

Переріз калорифера по повітрю при його ваговій швидкості

$$V_{p'} := 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$f := \frac{L}{V_{p'}} = 1.189 \text{ m}^2 \quad (6.46)$$

Приймаємо калорифер з параметрами

$$f := 1.2 \text{ m}^2 \quad F := 120 \text{ m}^2$$

Швидкість повітря вагова фактична

$$V_p := \frac{L}{f} = 4.954 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad (6.47)$$

Значення коефіцієнта теплопередачі калорифера

$$k_1 := 23.86 \quad k_2 := 0.474$$

$$k_x := k_1 \cdot (V_p)^{k_2} = 183.387 \frac{\frac{\text{s}^{500} \cdot \text{K}}{\text{kg}^{500} \cdot \text{m}^{250}} \cdot \frac{\text{J} \cdot 10^3}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}}}{1263 \frac{263}{500} \cdot \frac{237}{250}} \quad (6.48)$$

Значення середньої температури повітря в калорифері

$$t_{cp} := \frac{t_0 + t_1}{2} = 69.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6.49)$$

Необхідна поверхня калорифера для нагріву

$$t' := 151.11 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{за} \quad P := 0.5 \text{ MPa}$$

$$F_p := \frac{Q_k}{k_x \cdot (t' - t_{cp})} = 487.288 \frac{\frac{\text{gm}^{500} \cdot \text{m}^{500} \cdot \text{m}^{250}}{\text{cm}^{500} \cdot \text{s}^{500} \cdot \text{K}} \cdot \text{m}^2}{263 \frac{263}{500} \cdot \frac{1263}{250}} \quad (6.50)$$

Кількість калориферів

$$n' := \frac{F_p}{F} = 4.061 \frac{\frac{\text{gm}^{500} \cdot \text{m}^{500} \cdot \text{m}^{250}}{\text{cm}^{500} \cdot \text{s}^{500} \cdot \text{K}}}{263 \frac{263}{500} \cdot \frac{1263}{250}} \quad (6.51)$$

Приймаєм $n := 4$

Площа поверхні нагрівання калорифера

$$F_{\text{заг}} := F \cdot n = 480 \text{ m}^2 \quad (6.52)$$

Опір на проходження повітря через калорифер

$$k_1 := 0.435 \quad k_2 := 1.705$$

$$\Delta P := k_1 \cdot V_p^{k_2} = 6.658 \frac{\text{kg}^{141} \cdot \text{s}^{59}}{\text{m}^{241}} \cdot \text{Pa} \quad (6.53)$$

$$\Delta P_{\text{заг}} := \Delta P \cdot n = 26.632 \frac{\text{kg}^{341}}{\text{m}^{341}} \cdot \frac{\text{s}^{200}}{\text{s}^{200}} \quad (6.54)$$

Розрахунок відцентрового вентилятора

$$\rho_{\text{нов}} := 1.164 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{за} \quad t_0 = 19 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_{\text{хв}} := \frac{L}{\rho_{\text{нов}}} = 306.411 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \quad (6.55)$$

Продуктивність відцентрового вентилятора

$$Q_{\text{в}} := V_{\text{хв}} = 306.411 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Необхідний тиск вентилятора

$$H_{\text{в}} := 1905 \text{ Pa}$$

Потужність електродвигуна вентилятора

$$\eta_{\text{в}} := 0.6 \quad \text{ККД відцентрового вентилятора}$$

$$\eta_{\text{н}} := 0.98 \quad \text{ККД передачі від двигуна до вентилятора}$$

$$N := Q_{\text{в}} \cdot H_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{н}} = 5.72 \text{ kW}$$

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

Виготовлення деталі типу конічна шестерня

7.1 Розрахунок припусків

При діаметрі деталі 85 і довжині 38 мм береться заготовка штампування.

Припуск на підрізання торців становить $1 \cdot 2 = 4$ мм.

Отже, заготовка виготовлення шляхом штампування $\varnothing 90$ мм і довжиною 42 мм.

Мінімальний припуск на оброблення поверхні розраховується

$$\text{двосторонній } -2Z_{I_{\min}} = 2(Rz_{I-1} + D_{I-1} + \sqrt{Tnp_{I-1}^2 + E_{yi}^2})$$

Rz_{I-1}, D_{I-1}, Tnp - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення допуску просторових відхилень оброблюваної поверхні на попередньому ступені її оброблення;

E_{yi} - похибка установки заготовки на даному ступені оброблення.

Максимальний припуск на оброблення

$$2Zi_{\max} = 2Zi_{\min} + T_{I-1} - T_I$$

T_{I-1} - допуск розміру поверхні на попередньому ступені обробленні

T_I - допуск розміру поверхні на даному ступені оброблення

Номінальний припуск на оброблення поверхонь

$$2Zi_{\text{ном}} = \frac{2Zi_{\max} + 2Zi_{\min}}{2}$$

Максимальні припуски служать для визначення зусиль різання під час оброблення, номінальні – для визначення сумарного припуску на оброблення поверхні.

Розрахунок загального припуску заготовки ведемо за найточнішим розміром $\varnothing 12h8$.

Припуск на чистове точіння

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}})$$

Rz_2, D_2, Tnp_2 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому точінні

E_{y3} - похибка установки деталі під час чистового точіння. $Rz_2 = 50$ мкм, $D_2 = 50$ мкм.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мушта М.Ю.	Назва, додаткова назва Технологічний маршрут виготовлення деталі	18-1992.KP.05.007 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.					

Під час оброблення деталі в центрах $Tnp_2=0$, $E_{y3}=0$.

Тоді $2Z_{3min} = 2(50 + 50) = 200$ мкм, $2Z_{3max} = 2Z_{3min} + T_2 - T_3$

T_2 - допуск при чорновому точінні, $T_2 = IT8 = 19$ мкм,

T_3 - допуск при чистовому точінні, $T_3 = IT7 = 74$ мкм.

$$2Z_{3max} = 200 + 19 - 74 = 145 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3ном} = \frac{2Z_{3max} + 2Z_{3min}}{2} = \frac{145 + 200}{2} = 172.5 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{2min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}})$$

Rz_1, D_1, Tnp_1 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка при чистовому точінні.

E_{y2} - похибка установлення при чорновому точінні, $Rz_1=70$ мкм, $D_1=50$ мкм.

При обробленні в центрах $Tnp_1=0$, $E_{y2}=0$.

Тоді $2Z_{2min} = 2(70 + 50) = 260$ мкм, $2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск при чистовому точінні, $T_1 = IT10 = 84$ мкм

$$2Z_{2max} = 260 + 84 - 74 = 270 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{260 + 270}{2} = 265 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{1min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

Rz_0, D_0, Tnp_0 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка відлитої заготовки.

Для заготовки масою від 4 до 25 кг $Rz_0=240$ мкм; $D_0=250$ мкм; $Tnp_0=1.7$ мм;

E_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі в патрон з центром $E_{y1}=100$ мкм

$$2Z_{1min} = 2(240 + 250 + \sqrt{1700^2 + 100^2}) = 4380 \text{ мкм}$$

Загальний припуск

$$2Z_{сум} = \sum_1^i 2Zi_{ном} = 172.5 + 265 + 4380 = 4817,5 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{сум}=5$ мм.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{дет}}{M_{заг}} = \frac{V_{дет}}{V_{заг}} = \frac{2720 \cdot 10^6 (\text{мм}^3)}{5440 \cdot 10^6 (\text{мм}^3)} = 0.5$$

7.2 Технологічний маршрут виготовлення деталі

Номер операції, переходу.	Назва операції, переходу.	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
10	Заготівельна УЗЗ	.
10.1	Штамповка	Сталь 30ХГСА
20	Заготівельна УЗЗ	
20.2	Прошити отвір Ø28мм	
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, 3-кулачковий патрон, упор
30.1	Торцювати пов.1.	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
30.2	Точити пов.2 Ø60 на l=19мм	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$, $\gamma=12^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
30.3	Розточити отвір Ø30 під Ø32h7, пов. 3	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ДЛЯ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ</i>
30.4	Зенкерувати отвір під Ø32h7, пов. 3	Зенкер Ø31.75, Р6М5
30.5	Розвернути отвір під Ø32h7, пов. 3	Розвертка Ø31.93, Р6М5
30.6	Розвернути отвір під Ø32h7, пов. 3	Розвертка Ø32Н7, Р6М5
30.7	Зняти фаску 1.5×45° пов.4	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140
30.8	Зняти фаску 1.5×45° пов.5	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ВІДІГНУТИЙ ПРАВИЙ, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВХНХL=16Х25Х140</i>
40	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, цанговий патрон, упор, затиски
40.1	Торцювати пов.1 витримавши l=38мм	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ВІДІГНУТИЙ ПРАВИЙ, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1</i>

40. 2	Точити пов.2 Ø85	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, φ=45°, γ=10°, α=8°; ВхНхL=16х25х140, ШЦ1
40. 3	Точити пов 3	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ПРЯМИЙ</i> <i>, φ=45°, γ=40°, α=95°;</i>
40. 4	Точити пов 4 начорно	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ПРЯМИЙ,</i> <i>φ=45°, γ=40°, α=95°;</i>
40. 5	Точити пов. 4 начисто	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ПРЯМИЙ,</i> <i>φ=450, γ=400, α=950;</i>
40. 6	Точити пов 5	<i>РІЗЕЦЬ ПРОХІДНИЙ ПРАВИЙ</i>
50	Довбальна УЗЗ	<i>ДОВБАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ, ТРИКУЛАЧКОВИЙ ПАТРОН, УПОР,</i> <i>ЗАТИСКИ</i>
50. 1	Довбати шпонковий паз 10Js9	<i>ДОВБАЧ 10JS9 Р6М5</i>
60	Зубостругальн а УЗЗ	<i>ЗУБОСТРУГАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ, ТРИКУЛАЧКОВИЙ ПАТРОН, УТОР,</i> <i>ЗАТИСКИ</i>
60. 1	Нарізання зубців z=35 (m=2,5)	<i>РІЗЕЦЬ ДЛЯ СТРУГАННЯ ЗУБЦІВ ПРАВИЙ, ЛІВИЙ</i>

7.3 Розрахунок режимів різання

30.1 Торцювати поверхню l = 2 мм

Приймаємо глибину різання t = 0.5 мм.

Подача S=0,3...0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{105}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,4}} = 74 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 64} = 368 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертів шпинделя верстата nв=315 об/хв

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 315}{1000} = 63 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 45 + 0.5 + 2 + 2 = 49.5 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $90/2=45$ мм l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{49.5}{315 \cdot 0.4} = 0.39 \text{ хв}$$

$$t_0 = 0.39 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 = 0.1 + 0.12 = 0.22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0.1$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування.

$t_2 = 0.06 + 0.06 = 0.12$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

30.2. Точити $\varnothing 60$ $l=19$ мм пов(2).

Глибина різання:

$$t = \frac{2Z_{1\max}}{2} = \frac{4.1}{2} = 2.05 \text{ мм.}$$

Подача табл.Д1.1 $S=0.4 \dots 0.5$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0.4$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{105}{60^{0.2} \cdot 2.1^{0.15} \cdot 0.4^{0.35}} = 57.09 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 57.09}{3.14 \cdot 64} = 284 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=315$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3.14 \cdot 64 \cdot 315}{1000} = 63.3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 19 + 2 + 2 = 23 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=19$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2\text{мм}$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 0$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{23}{315 \cdot 0,4} = 0,18 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі. $t_3 = 0$ хв – заміна різця.

30.3 Розточити отвір $L=40$ мм; $\varnothing 30$ мм Приймаємо глибину різання $t = 0,5$ мм.

Подача $S=0,3\dots 0,4$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,4$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{105}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,4}} = 74 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 30} = 785 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертів шпинделя верстата $n_B=630$ об/хв

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 630}{1000} = 59,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 40 + 2 + 2 = 44 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{44}{630 \cdot 0,4} = 0,17 \text{ хв}$$

$$t_0 = 0,17 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{д}} = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

30.4 Зенкерувати $\varnothing 31.75$ $l=40$ мм пов(3).

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{\text{св}}}{2} = \frac{31.75 - 30}{2} = 0,875 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Для сталей при зенкеруванні отворів $\varnothing 32$ мм рекомендуються подачі 0,8...1 мм/об. Приймаємо $S = 1$ мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{18,6 \cdot d^{0.3}}{T^{0.3} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.7}}$$

де $T = 30$ хв.

Тоді

$$V = \frac{18,6 \cdot 31.75^{0.3}}{30^{0.3} \cdot 0.875^{0.2} \cdot 1^{0.7}} = 19.43$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 31.75} = 194 \text{ об / хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{в}} = 200$ об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi d n_{\text{в}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 31.75 \cdot 200}{1000} = 20 \text{ м / хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_{\text{в}}},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 40$ мм – глибина свердління; $l_1 = 2$ мм – величина на підведення свердла з механічною подачею; $l_1 + l_2 = 5$ мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{47}{1 \cdot 200} = 0,235 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$t_{\Delta 1} = 0.1$ хв (табл. 51).

30.5 Розвернути отвір начорно під 32H7 пов.3.

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{ca}}{2} = \frac{31.93 - 31.75}{2} = 0,09 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 0,8...1,2 мм/об. Приймаємо $S = 1 \text{ мм/об}$.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{12 \cdot d^{0.3}}{T^{0.4} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.65}}$$

де $T = 30 \text{ хв}$.

Тоді

$$V = \frac{12 \cdot 31.93^{0.3}}{30^{0.4} \cdot 0.09^{0.2} \cdot 1^{0.65}} = 14$$
$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 14}{3.14 \cdot 31.93} = 139 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_B = 125 \text{ об/хв}$.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_D = \frac{\pi d n_g}{1000} = \frac{3.14 \cdot 31.93 \cdot 125}{1000} = 12.5 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_g},$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де $l = 40 \text{ мм}$ – глибина свердління; $l_1 = 2 \text{ мм}$ – величина на підведення свердла з механічною подачею

$$t_{01} = \frac{45}{1 \cdot 100} = 0,45 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0.1 \text{ хв}$$

30.6 Розвернути отвір начисто під 32H7 пов.3. аналогічно операції 30.5

30.7 Зняти фаску $1,5 \times 45^\circ$.

Приймаємо глибину різання $t = 2 \text{ мм}$.

Подача $S = 0,3 \dots 0,4 \text{ мм/об}$. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S = 0,4 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.4}} = \frac{175}{60^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0,4^{0.4}} = 105 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 90} = 371,5 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 315 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 315}{1000} = 89 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 1,5 + 2 + 1,5 = 5 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{5}{315 \cdot 0,4} = 0,03 \text{ хв}$$
$$t_0 = 0,05 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,12 = 0,17 \text{ хв.}$$

30.8 Зняти фаску $1,5 \times 45^\circ$ аналогічно 30.7

40.1 Торцювати поверхню $l=2 \text{ мм}$ витримавши $L=38$

Приймаємо глибину різання $t = 0,5 \text{ мм}$.

Подача $S=0,3 \dots 0,4 \text{ мм/об}$. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,4 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{105}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,4}} = 74 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 90} = 318 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертів шпинделя верстата $n_B=315 \text{ об/хв}$

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 315}{1000} = 89 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 45 + 0,5 + 2 + 2 = 49,5 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $90/2=45 \text{ мм}$

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{49,5}{315 \cdot 0,4} = 0,39 \text{ хв}$$

$$t_0 = 0,39 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

40.2. Точити $\varnothing 85 \text{ l}=19 \text{ мм пов}(2)$.

Глибина різання:

$$t = \frac{2Z_{1\max}}{2} = \frac{4,1}{2} = 2,05 \text{ мм.}$$

Подача табл.Д1.1 $S=0,4\dots 0,5 \text{ мм/об}$. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,4 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{105}{60^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 57,09 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 57,09}{3,14 \cdot 90} = 202 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=200 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 200}{1000} = 56,5 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 19 + 2 + 2 = 23 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=19 \text{ мм}$

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2 \text{ мм}$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{23}{200 \cdot 0,4} = 0,28 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв.}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі. $T_3 = 0 \text{ хв}$ – заміна різця.

40.3 Точити $\varnothing 85 \times < 40^\circ$, пов(З).

Подача табл. $S = 0,35 \dots 0,4 \text{ мм/об.}$ Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S = 0,4 \text{ мм/об.}$

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{105}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 57,09 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 57,09}{3,14 \cdot 85} = 213 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B = 200 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 200}{1000} = 26,6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 8 + 2 + 2 = 12 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ} = 8 \text{ мм}$

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0,4$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 0$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{12}{200 \cdot 0,4} = 0,15 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв.}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3 = 0 \text{ хв}$ – заміна різця.

40.4 Точити $\varnothing 85 \times < 50^\circ$, пов(4). начорно

Подача. $S = 0,35 \dots 0,4 \text{ мм/об.}$ Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S = 0,4 \text{ мм/об.}$

Визначаємо швидкість різання табл. Д.1.4

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{105}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 57,09 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 57,09}{3,14 \cdot 85} = 213 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B = 200 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 200}{1000} = 26,6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 8 + 2 + 2 = 12 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ} = 8 \text{ мм}$

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0,4$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 0$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{12}{200 \cdot 0,4} = 0,15 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв.}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3 = 0 \text{ хв}$ – заміна різця.

30.5 Точити $\varnothing 85 \times < 50^\circ$, пов(4). Начисто аналогічно операції 30.4

50.1 Довбати шпонковий паз $b=10 \text{ мм}$ на пов. $\varnothing 32$.

За нормативними даними вибираємо подачу на хід довбача залежно від діаметра поверхні, розміру тіла різця та прийнятої глибини різання. При внутрішньому довбанні шпонкового паза, діаметрі отвору $\varnothing 32$ вибираємо ширину довбача 8 мм при розмірах 20x30.

Подача. $S = 0,15 \dots 0,18 \text{ мм/подв.хід}$ Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S = 0,15 \text{ мм/подв. хід}$

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} \cdot K_v = \frac{23,7}{90^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,6 = 7,4$$

Визначаємо розрахункову кількість подвійних ходів повзуна верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{L_p \cdot (1 + m)} = \frac{1000 \cdot 7,4}{73 + (1 + 0,75)} = 106 \text{ подв. хід / хв}$$

$$L = l_{дет} + l_1 = 33 + 35 = 68 \text{ мм}$$

$l_{дет}$ - довжина оброблюваної поверхні

l_1 – перебіг різця в обидва боки від оброблюваної поверхні.

Коригуємо значення n згідно паспортної характеристики $n = 102 \text{ подв.хід/хв.}$

Визначаємо фактичну швидкість різання

$$V_f = \frac{68 \cdot (1 + 0,75) \cdot 102}{1000} = 12,1 \text{ м / хв}$$

Основний технологічний час на виготовлення канавки

$$T_o = \frac{h}{n \cdot S} = \frac{4,7}{102 \cdot 0,15} \cdot 0,6 = 0,3 \text{ хв}$$

$h = t_1 + L_1$, t_1 - висота канавки, L_1 – відстань підвернення різця.

60.1 Довбання зубців колеса на поверхні $\varnothing 85$

Подача $S_{рад} = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм/об}$; $S_{кол} = 0,2$. Приймаємо $S = 0,4 \cdot 0,2 = 0,08 \text{ мм/подв. хід}$.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{49}{T^{0,2} \cdot S^{0,5} \cdot m^{0,3}} = \frac{49}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,5} \cdot 4^{0,3}} = 16,3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{2L} = \frac{1000 \cdot 16,3}{2 \cdot 30} = 233 \text{ об/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 = 30 + 5 = 35 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{n_B \cdot S} i + \frac{h}{n \cdot S} = \frac{628}{224} 2 + \frac{5,6}{40} = 5,7 \text{ хв}$$

$$t_0 = 5,7 \text{ хв}$$

7.4 Розрахунок часу.

Допоміжний час:

$$T_d = t_y + t_d$$

$$t_y = t_{y1} + t_{y2},$$

$t_{y1} = 0,41 \text{ хв}$ час на установлення деталі масою до 3 кг з кріпленням гайкою за допомогою ключа

$t_{y2} = 0,10 \text{ хв}$ час на очищення місця установки деталі від стружки

$$t_y = 0,41 + 0,10 = 0,51 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола 1250мм, автоматичним переміщенням, установленою на розмір, $t_d = 0,09 \text{ хв}$.
Тоді

$$T_d = 0,51 + 0,09 = 0,6 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_d$$

$$T_{оп} = 5,7 + 0,6 = 6,3 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер},$$

$T_{об} = 0,045 T_{оп}$ і $T_{пер} = 0,06 T_{оп}$ – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу

$$T_{шт} = 6,3 + 0,045 \cdot 6,3 + 0,06 \cdot 6,3 = 6,48 \text{ хв}$$

Калькуляційний час:

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

$T_{пз}$ – підготовчо-завершувальний час, що згідно з визначається як сума часу налагодження верстата - 14,7хв та на одержання наряду, інструментів, пристроїв - 7хв

$$T_{пз}=14,7+7=21,7\text{хв}$$

Тоді

$$T_k=3.18+21,7/400=3.23\text{хв}$$

Норма виробітку (кількість деталей за год.):

$$N = \frac{60}{T_k}$$

За формулою визначаємо

$$N=60/6,48=9 \text{ деталей.}$$

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу

За протипожежними нормами сушарка може експлуатуватись у приміщеннях закритого типу категорій “В”, “С” і “Д”, а за правилами електроустаткування – приміщення класу II-III.

Підготовка обладнання до монтажу:

- перевіряється фундамент на відповідність розмірів габаритів опор сушарки пере монтажем її;
- фундамент під сушарку виконується з певною проектною відміткою висоти та здається з уточненою і вирівняною поверхнею під монтаж;
- спеціальними транспортерними і вантажопідйомними механізмами повинна бути обладнана площадка для монтажу сушарки;
- способами, які виключають руйнування (пошкодження) сушарки, здійснюють транспортування та розвантаження;
- відповідно до правил монтажу устаткування електротехнічного повинен здійснюватися монтаж систем електричного обладнання та автоматизації;
- до монтажних робіт і розконсервування, сушарку необхідно розпакувати;
- перевіряється повна комплектність сушарки;
- здійснюється огляд сушарки для виявлення руйнувань та ушкоджень, що могли з’явитись за час перевезення (транспортування);
- зробити перевірку затяжки з’єднань болтів, що є відповідальними, на міцність.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	18-1992.КР.05.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

Монтаж сушарки:

- відповідно до монтажних креслень, здійснюється монтаж сушарки;
- вирівняний в горизонтальній площині корпус сушарки, жорстко закріпити на підготований фундамент;
- зробити монтаж корпусу сушарки, вентилятора витяжного, а для відведення відпрацьованого теплоносія – систему повітропроводів;
- для нагрівання теплоносія, встановивши калорифер, міцно його закріпити;
- відповідно до вимог креслень, корпус сушарки теплоізулювати;
- відповідно до вимог зробити заземлення електрообладнання;
- підвести напругу живлення до сушарки;
- встановити сигнальне та вимірювальне устаткування;
- перевірити встановлену сушарку.

Підготовка сушарки до роботи:

- здійснити перевірку легкості обертання лопатей вентилятора та змащення привідних механізмів і вузлів підшипників;
- перевірити кріплення деталей та присутність огорожень;
- перевірити всі технологічні люки на надійне їх закриття;
- перевірити підвід електроенергії;
- здійснити перевірку регулювання шиберів;
- здійснити регулювання заслінок на відповідність положенню заслінок для кожної секції на відведення та подачу теплоносія;
- на протязі двох годин обкатати та прогріти всі механізми сушарки на холостому ході, при цьому не повинно бути нагрівання підшипників та чіпляння рухомих деталей.

Правила експлуатації сушарки:

- для забезпечення стійкості до вологи та зменшення втрат тепла, сушарка повинна бути теплоізульована;

- для недопущення потрапляння пилу в приміщення, що може потрапити разом з відпрацьованим теплоносієм, під час експлуатації сушарки, необхідно теплоносії очищувати у циклонах або фільтрах;
- при роботі сушарки необхідно здійснювати контроль параметрів теплоносія, забезпечувати якість готового продукту та інших показників;
- після капітального ремонту відбувається експлуатаційне випробування режиму роботи сушарки, а також забезпечення оптимальних характеристики роботи допоміжного та основного устаткування, що усувають нерівномірність сушіння;
- під час проведення випробувань сушарки здійснюється визначення усіх її технологічних, теплових та конструктивних параметрів;
- періодичному очищенню підлягає поверхня нагрівання калориферів;
- по ряду причин, якщо сушарку необхідно зупинити на тривалий час, тоді потрібно провести консервацію вузлів, які приводяться в рух з переконсервацією через кожні 6 місяців.

Технічне обслуговування

Періодичне та щоденне технічне обслуговування розглядається в залежності від об'єму та характеру робіт.

Регулярний візуальний огляд, чистка, змащення, перевірка стану з'єднань і їх підтягування входить до щоденного технічного обслуговування сушарки. Для забезпечення безпечних умов праці проводиться усунення незначних дефектів, робиться перевірка стану заземлення, огорожувальних пристроїв, часткове регулювання обладнання, перевірка стану теплової ізоляції.

Силами технічного та чергового персоналу усувається в короткий термін несправності та дефекти, які були виявлені.

Ремонт

Капітальний та поточний ремонт сушарки передбачається в залежності від трудоемкості ремонтних робіт, а також відповідно до особливостей зносу та пошкодження частин її вузлів та деталей.

Ремонт що забезпечує відновлення деталей чи вузлів обладнання або забезпечує відновлення його роботоздатність, називають поточним ремонтом. При поточному ремонті відбувається: ревізія електрообладнання, заміна швидкозношуваних деталей та вузлів, ревізія електрообладнання, фарбування, перевірка на точність, ревізія арматури, заміна набивок сальників та прокладок.

Капітальний ремонт – це повне відновлення ресурсу обладнання, справності із заміною, відновленням частин навіть базових. Розбирання обладнання відбувається повне чи часткове при капітальному ремонті. До робіт при капітальному ремонті входить об'єм поточного ремонту та роботи по відновленню всіх зношених деталей чи заміні їх, часткова чи повна заміна теплоізоляції, антикорозійного захисту, дослідження після ремонту тощо. Відомість дефектів встановлює детальний перелік необхідних робіт.

9. Опис системи управління

Система керування автоматизованим процесом, що забезпечує якісний процес сушіння продукту слідкує за значенням вологості і температури продукту, що сушиться, а також забезпечує автоматизацію технологічних потоків транспортування. Контроль температури і всього процесу сушіння продукту здійснює персонал. При виявленні дефектів автоматизована система керування подає сигнал, а персонал, що обслуговує, вмикає або вимикає відповідні системи управління.

У патрубку завантаження ЗК в сушарку розміщується датчик витрат продукту, що надходить на сушіння, для забезпечення відповідної продуктивності. Контроль максимальної та мінімальної висоти ПЗШ зерен в сушарці контролює датчик рівня.

Ці датчики рівня забезпечують керування роботи секційного розвантажувального пристрою (дозатора). Електродвигун дозатора зупиняється при досягненні мінімальної висоти шару зерен, а за максимльної висоти шару знову вмикається двигун. При максимальному завантаженні камери сушіння (спрацювання датчика), вмикається вентилятор для подачі теплоносія.

Термопари розміщені на вході в сушильну камеру, в самій камері і на виході – забезпечують вимірювання температури теплоносія. Світловий і звуковий сигнал спрацьовує за мінімальної та максимальної температури теплоносія в сушильній камері, що дозволяє її регулювати.

Кількість теплоносія до та після сушарки визначається витратомірами, що розміщені у трубопроводах на вході та виході із сушарки, що забезпечує

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис система управління	18-1992.КР.05.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

визначення кількості вологи з продукту сушіння. Кнопка «Стоп» забезпечує зупинку сушарки у зворотному порядку від пуску, що здійснює оператор.

Кнопка «Аварійна зупинка» дозволяє зупинити обладнання в екстрених випадках.

10. Заходи щодо охороні праці

10.1 Аналіз шкідливих факторів, що впливають

Сушарка з ПЗШ, що розробляється має кілька небезпечних факторів, що ліквідуються забезпечуючи необхідні умови праці. (рис. 10.1).

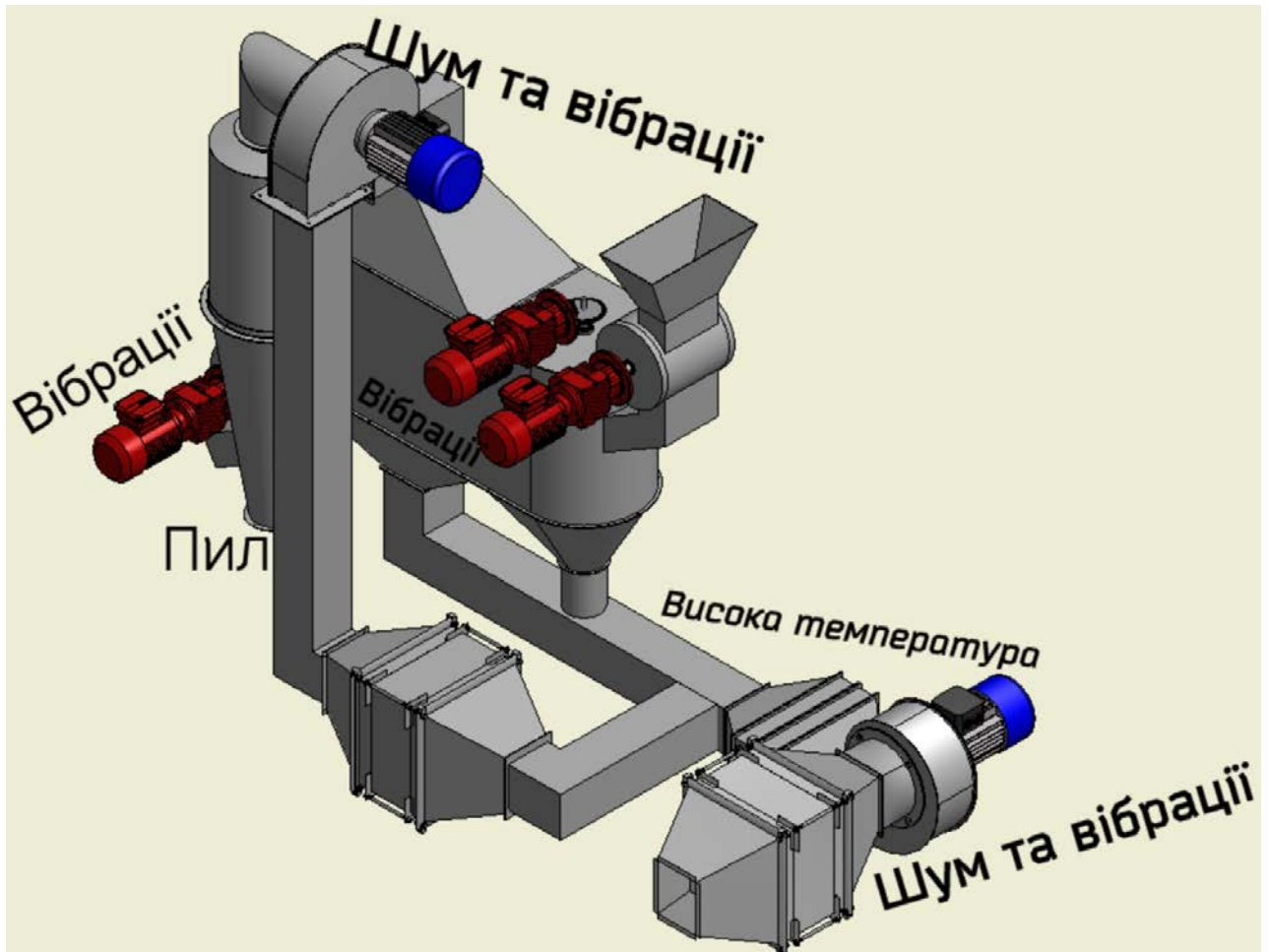


Рис.10.1 Місця впливу шкідливих факторів сушарки з ПЗШ

Запиленість. У повітрі зони роботи надходить пил при розвантаженні та завантаженні продукту. Пил що не має отруйних властивостей гранично допустима концентрація становить 10 мг/м^3 . Для захисту працівників під час роботи на даному обладнанні передбачається засоби індивідуального захисту.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мушта М.Ю.	Назва, додаткова назва Заходи щодо охороні праці	18-1992.КР.05.010 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6

Вентиляція. Для видалення пилу з цеху (відділення) сушіння необхідно встановити витяжну вентиляцію з механічним збудженням та повинно відповідати виконанню по вибухонебезпеці.

10.2 Метеорологічні умови

Нормативним документом (ДСН 3.3.6-042-99) визначаються у виробничих приміщеннях метеорологічні умови.

Створення сприятливих та стабільних метеорологічних умов праці у виробничих приміщеннях забезпечить збереження здоров'я людини та підвищить роботоздатність.

Швидкість руху повітря, температура, відносна вологість та інтенсивність теплового випромінювання визначають метеорологічні умови.

Нормативні показники повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Параметри	Оптимальні норми	Допустимі норми
Холодний	Температура повітря, °С	21–23	20–24
	Відносна вологість повітря, %	40–60	75
	Швидкість повітря, м/с	0,1	Не більше 0,1
Теплий	Температура повітря, °С	22–24	21–28
	Відносна вологість повітря, %	40–60	60
	Швидкість повітря, м/с	0,2	0,1–0,3

10.3 Освітлення

Штучне і природне освітлення передбачається при освітленні виробничих приміщень і відповідає вимогам ДСТУ EN 12464-1:2016. Вдень використовується освітлення денним світлом. При недостатній освітленості, використовують світильники з лампами розжарювання, люмінісцентними або діодними.

Стандартом передбачено такі норми освітленості: при комбінованому освітленні – 200 лк; при загальному освітленні – 75 лк; при загальному – 100 лк. Для ручного електроінструменту і переносних світильників передбачається джерела живлення з напругою 24 В.

Для освітлення застосовується напруга: робоча – 220 В; аварійна – 220 В; ремонтна – 12 В.

В виробничих цехах, на випадок відключення загального освітлення, а також для освітлення при евакуації або подальшої роботи, необхідно передбачити живлення від незалежних джерел енергії.

Для проведення ремонтних робіт застосовують освітлення з напругою не більше 36 В.

10.4 Вібрація і шум

Вібрація і шум – це небажані явища, що виникають при збільшенні швидкості рухомих частин та потужності обладнання. Ці явища впливають на самопочуття робітників і їх продуктивність.

При роботі обладнання розрізняють такі види шумів: механічний (робота рухомих частин); електромагнітний (робота електричного устаткування); аеродинамічний (рух повітря повітропроводами); гідродинамічний (рух рідин).

Виробничим травматизмом часто є шум, що веде до зниження слуху у працівників, а інколи і до його втрати. Тому, необхідно передбачити індивідуальний засоби захисту працюючих від шуму.

Розповсюдження у пружних тілах коливань (механічних) з амплітудою від 0,003 до 0,5 мм називають вібрацією. ДСТУ 12.1.012:2008 визначає гігієнічну оцінку вібрації, що впливає на робітника. Для людини, коливання з частотами 6-9 герц є шкідливими.

Є місцева та загальна вібрація. Загальна – коливання всього тіла людини, місцева, це коли коливання відбуваються окремих частин.

Причини виникнення вібрації – обертання деталей, центр тяжіння яких зміщений від осі, з великою швидкістю. Характеризується вібрація: амплітудою зміщення, частотою коливань, коливальним прискоренням, коливальною швидкістю.

Для запобігання вібрації передбачаються такі заходи: балансування обертаючих частин, закріплення обладнання на антивібраційній поверхні, резинові ущільнення інше.

10.5 Електробезпека

Електрообладнання, для його безпечного обслуговування і захисту, потребує вдосконалення вимог з електробезпеки.

Зона встановлення обладнання, при розгляді приміщення цеху, відноситься до зон з підвищеною небезпекою відповідно до класифікації ПУЕ.

«Правила влаштування електроустановок» (ПУЕ) і «Правилами техніки безпеки електроустаткування споживачів» передбачають використання способів захисту та засобів, що забезпечують захист робітників від впливу електричного струму.

В ДБН В.2.5-27-2006 наведені норми електробезпеки.

Заходи та засоби від ураження електричним струмом працюючих: недоступність струмоведучих частин; ізоляція струмопровідних частин (подвійна ізоляція проводів); захисне занулення або заземлення конструкцій; розділення електричних мереж; застосування написів, плакатів, засобів індивідуального захисту; заборона використання перехідних пристроїв.

Характеристика впливу електричного струму різної сили на людину

Сила струму, А	Змінний струм 50...60 Гц	Постійний струм
0.6...1.5	Легке тремтіння пальців	Не відчувається
2...3	Сильне тремтіння пальців	Не відчувається
5...7	Судороги в руках	Свербіння.
8...10	Сильні болі в руках. Руки не працюють, але ще можна відірвати від електродів.	Посилення нагрівання
20...25	Утрудняється дихання. Дуже сильні болі. Руки паралізуються негайно, відірвати їх від електродів неможливо.	Незначне скорочення м'язів рук, ще більше посилення нагрівання
50...80	Початок тріпотіння м'язів серця. Параліч дихання.	Скорочення м'язів рук. Сильне відчуття нагрівання.
90...100	Параліч серця і дихання.	Параліч дихання

10.6 Пожежобезпека

Приміщення де розташовується сушарка по пожежній небезпеці класу А, за правилами влаштування електрообладнання – клас **В-Іа**.

При початковій пожежі застосовують вогнегасники вуглекислотні, а кількість розраховують що на площу 100 м² один вогнегасник. Їх розміщують на стінах.

Відповідно до ДБН В.1.1.7–2002 конструкція будівлі і матеріали повинні забезпечувати пожежну безпеку будівлі, маючи необхідну межу вогнестійкості. Необхідною кількістю евакуаційних виходів повинна бути забезпечена будівля та металеві її конструкції забезпечені необхідним вогнезахистом.

У залежності від об'єму будівлі, поверху, категорії вибухопожежонебезпеки, від ступення вогнестійкості будівлі та щільності потоку людей у проході (в межах 30-100м) регламентується час евакуації до евакуаційного виходу від найвіддаленішого робочого місця.

Рекомендації та висновок

Виробниче приміщення, де розташовуватиметься сушарка відповідає вимогам охорони праці. Вентиляція забезпечує зниження температури повітря в приміщенні, амортизатори забезпечують зниження шуму. Для захисту працівників від впливу вібрації, шуму, тепловиділень та можливих травм передбачено санітарно-побутові приміщення.

Висновки

В кваліфікаційній роботі представлено розробку конструкції сушарки з псевдозрідженим шаром для зневоднення (сушіння) кавових зерен і не тільки. Дана конструкція може використовуватись неподалік місць збирання кави, що забезпечить якісне видалення вологи протягом доби із зерен кави та у період що унеможлиблює природне сушіння.

Переваги даної сушарки: простота конструкції, безперервний процес сушіння, забезпечення рівномірної температури в шарі продукту при перемішуванні.

<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> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок	18-1992.КР.05.000 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 28.11.2022). – Назва з екрана.
2. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Университет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.
3. 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.
4. Камінський, В.Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. / В.Д.Каминський, М.Б.Бабич. – Одеса: Аспект, 2000. – 400 с.
5. 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.
6. 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. Яковчук, Є.М. Бабко – Київ.: НУХТ, 2012. - 48 с.
7. 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.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Яковчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Мушта М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних літературних джерел	18–1992.КР.05.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

8. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162с.
9. 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.
10. 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.
11. Соколенко, А.И. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко – К.: Арт Эк. 2004 – 304 с.
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. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: Підручник. – К.: Либідь, 1997. — 352 с.
15. Сухенко Ю.Г., Бойко Ю. І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: Навч. посібник/За ред. проф. Ю. Г. Сухенка – К.: НУХТ, 2009.- 262 с.
16. 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.
17. 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.

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

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

20. Яковенко А.І., Борта А.В. Технологія зберігання та сушіння зерна: Кількісно-якісний облік зерна: Навчальний посібник – Одеса: 2016. – 174 с

21. З чого роблять каву? Режим доступу: <https://food.vesti.ua/uk/kak-delayut-kofe/> (дата звернення 18.10.2022). – Назва з екрана.

22. Способи сушіння кави Частина 2. Види та відмінності. Режим доступу: <https://cutt.ly/x9fYiiJ> (дата звернення 29.10.2022). – Назва з екрана.

23. Сушка кави: як це відбувається і яку роль відіграє у питанні якості. Режим доступу: <https://domkofe.com.ua/ua/blog/sushka-kofe-kak-eto-proisxodit-i-kakuyu-rol-igraet-v-voprose-kachestva/> (дата звернення 25.11.2022). – Назва з екрана.