

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
(ім'я та прізвище)

(підпис)

« ___ » _____ 20__ р.

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

(підпис)

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
на тему: Модернізація барабанної сушильної установки для сушіння вижимом із
яблук

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-2

Фузік Єгор Євгенійович
(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

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»
(шифр і назва)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

« ____ » _____ 20__ року

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

Фузіку Єгору Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація барабанної сушильної установки для сушіння вижимок із яблук

керівник роботи Якобчук Роман Леонідович, доц., канд. тех. наук

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від «>> _____ 2023 р. №-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 30.05.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

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

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 17.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелікумовнихпозначень, термінів</i>	26.04.2023	
2	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	29.04.2023	
3	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i>	04.05.2023	
4	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	07.05.2023	
5	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	11.05.2023	
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	14.05.2023	
7	<i>Розрахункова частина</i>	18.05.2023	
8	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	20.05.2023	
9	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту. Система управління</i>	21.05.2023	
10	<i>Опис системи управління</i>	22.05.2023	
11	<i>Заходи щодо охорони праці, екології</i>	26.05.2023	
12	<i>Висновки,</i>	26.05.2023	
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	27.05.2023	
14	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	29.05.2023	
15	<i>Подача ДП на кафедру</i>	10.06.2023	

Здобувач

_____ Єгор ФУЗІК

(підпис)

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ Роман ЯКОБЧУК

Анотація

В данній кваліфікаційній роботі, запропонована модернізація барабанної сушильної установки для сушіння вижимом із яблук.

Модернізація установки полягає у заміні сушильного пристрою, що дозволить зменшити витрати тепла на сушіння вижимок до кінцевої вологості.

В проєкті виконані техніко-економічні розрахунки, які підтверджують доцільність модернізації установки в умовах ринку вторинних продуктів переробки яблук на Україні. Проєкт виконано враховуючи вимоги екологічної безпеки та охороні праці. В проєкті подані правила монтажу ремонту та експлуатації сушарки, а також описані конкретні заходи щодо покращення її роботи взагалі .

Кваліфікаційна робота складається з 12 розділів пояснювальної записки, яка включає анотацію, висновки та схеми, перелік використаної літератури. Графічна частина представлена на 5 листах формату А1.

Ключові слова: сушильна установка, яблучні вижимки, барабан.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	192007.KP.03.000 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

Annotation

In this qualification work, the modernization of the drum drying unit for drying with the squeeze from apples is proposed.

The modernization of the installation consists in replacing the drying device, which will reduce heat consumption for drying the pomace to the final moisture content.

In the project, technical and economic calculations were performed, which confirm the feasibility of modernizing the installation in the conditions of the market of secondary products of apple processing in Ukraine. The project was carried out taking into account the requirements of environmental safety and labor protection. The project provides rules for installation, repair and operation of the dryer, as well as describes specific measures to improve its operation in general.

The qualification work consists of 12 sections of an explanatory note, which includes an annotation, conclusions and diagrams, a list of used literature. The graphic part is presented on 5 sheets of A1 format.

Keywords: drying unit, apple pomace, cylinder.

ЗМІСТ

стор.

Анотація.....	
Вступ.....	
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	
2. Техніко-економічне та соціальне обґрунтування модернізації.....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту	
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.	
5. Вибір конструкційних матеріалів	
6. Розрахункова частина.....	
7. Технологічний маршрут виготовленої деталі.....	
8. Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту	
9. Опис системи управління.....	
10. Заходи щодо охорони праці, екології.....	
Висновки.....	
Список використаних літературних джерел.....	
Додатки.....	

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	192007.KP.03.000 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

Вступ

Метою данної кваліфікаційної роботи є модернізація барабанної сушильної установки для сушіння вижимом із яблук.

У продуктивій промисловості виникає дуже велика проблема з утилізацією вижимок. Зазвичай їх використовують для харчування тварин. Але дуже часто з'являються проблеми їх своєчасного вивезення. Під час тривалого зберігання вони загнивають і забруднюють довкілля.

Вижимки — цінний кормовий продукт, який повністю використовується в народному господарстві, він утворюється під час добування соку з яблук продуктів дифузійним способом. Вихід свіжих не віджатих вижимок при переробці спілих яблук і дотриманні оптимального технологічного режиму в середньому по промисловості становить 83 % маси перероблених яблук. До складу вижимок входять 5 - 8 % сухих речовин, решта — вода. Сухі речовини містять цукор, білки, клітковину, пектинову речовину та ін. Задяки цьому вижимки легко засвоюються тваринами, і посідають проміжне місце між луговим сіном і вівсом.

Свіжими вважають невіджаті вижимки, після виходу їх з пресу і зберігання не більше від трьох днів. Сухі речовини свіжих вижимок містять, %: сирого протеїну - 10, в тому числі білка - 8,6; клітковини - 22,9; безазотистих екстракційних речовин - 62,9; мінеральних речовин - 4,2. Оскільки в свіжих вижимках багато води, то перевозити їх на великі відстані недоцільно. Їх використовують для відгодівлі тварин (за наявності відгодівельного пункту при заводі), закладають у яму для тривалого зберігання або сушіння. Відомо, що при тривалому зберіганні свіжих вижимок, утворюються кислі вижимки. Кислі — це вижимки, закладені у яму товстим

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ		192007.KP.03.000 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

шаром і в якому відбулося бродіння під дією молочної, масляної та оцтової кислоти, які надають вижимкам неприємного запаху бактерій. Кисла вода, що тут утворюється, — це шкідлива стічна вода при цьому його маса зменшується на 35 - 40 %, оскільки частина води із вижимко видаляється, а втрата кормової цінності вижимок досягає 60%.

Найбільш повно поживні речовини зберігаються при висушуванні вижимок. Сухі вижимки — продукт, висушений до вмісту вологи 8 - 10 %. Їх вихід становить до 6 % маси сирих вижимок. До складу сухих речовин висушених вижимок входять, %. сирий протеїн - 10,2, у тому числі білок -8,9; жир - 0,23; клітковина - 21,7; безазотисті екстракційні речовини - 65,8; мінеральні речовини - 4,2.

Кормова цінність звичайних сушених вижимок 85 кормових одиниць на 100 кг при меншій у два рази вартості за 1 т порівняно з пшеничними висівками.

З біологічної точки зору сушені вижимки мають ряд переваг: в них зберігаються майже всі поживні речовини, що містяться в свіжих вижимках; загальна поживність сухих вижимок в 10-12 разів більша, ніж свіжих; перетравність протеїну й екстракційних речовин становить 75 — 77 %; клітковина вижимок складається з целюлози з вмістом лігніну 2,2% і тому вона добре перетравлюється худобою; пектинові речовини вижимок при гідролізі розпадаються на моноцукри і уронові кислоти, які мають важливе значення в обміні речовин, а деякі з них і в захисних функціях організму.

1. Порівняльний аналіз технологічних рішень поставленої задачі.

Головним обладнанням в схемах сушіння вижимок є сушильна установка. Для висушування вижимок встановлюють сушарки барабанного, пневмовихрового типу та з псевдозрідженим шаром. В якості стандарту на вітчизняних та зарубіжних заводах для висушування вижимок використовують зачасту барабанні сушарки з розподільною системою, окремою топкою, обладнаною газовим, газомазутним пальником, чи калорифером. Ці сушарки відрізняються розмірами, формою та кількістю насадок, виконанням приводу та ущільнень, іншими конструктивними особливостями, проте принцип роботи їх однаковий. [1]

Барабанні сушарки володіють рядом переваг:

1. Надійність в роботі.
2. Універсальність використання їх для різних видів сировини.
3. Використання сушильного агента з високою температурою (для вижимок 300°C), завдяки чому витрати теплоти знижуються на 1 кг випареної вологи.

Проте їм властиві і суттєві недоліки:

1. Нездатність значно інтенсифікувати процес сушіння з метою підвищення коефіцієнта використання теплоти і збільшення продуктивності.
2. Складність у виготовленні та ремонті, висока питома металоємкість.
3. Висока температура відпрацьованого сушильного агента (120-140°C).

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Порівняльний аналіз технологічних рішень поставленої задачі	192007.KP.03.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

4. При переміщенні часток вижимок з однієї насадки на іншу в області високих температур має місце повне згоряння дрібних і частково більш крупних фракцій матеріалу, що призводить до втрат, погіршення якості готового продукту і зниження кормової цінності.

На сьогоднішній день в Європі найбільш поширенні сушки німецьких фірм „Буккау-Вольф“ та „Бюттнер“; французьких виробників „Маген Промілл“, „Фів-Лілл-Кай“, „ВАН-ден-Броек“; польської фірми „Чемадекс“; на пострадянському просторі – сушарки ГИПРОСАХПРОМА – ПСА-2.

1.1. Сушарка барабанна ПСА-2

Сушарка показана на рис. 1.1. Пристрій складається з основного корпусу 7 на якому закріплено два опорних бандажу 5. Бандажі сушарки опираються на дві пари роликів 11. Барабан сушарки приводиться в обертання від приводу 12 через коронну шестерню 6. Частота обертання барабана становить 1,75 об/хв.

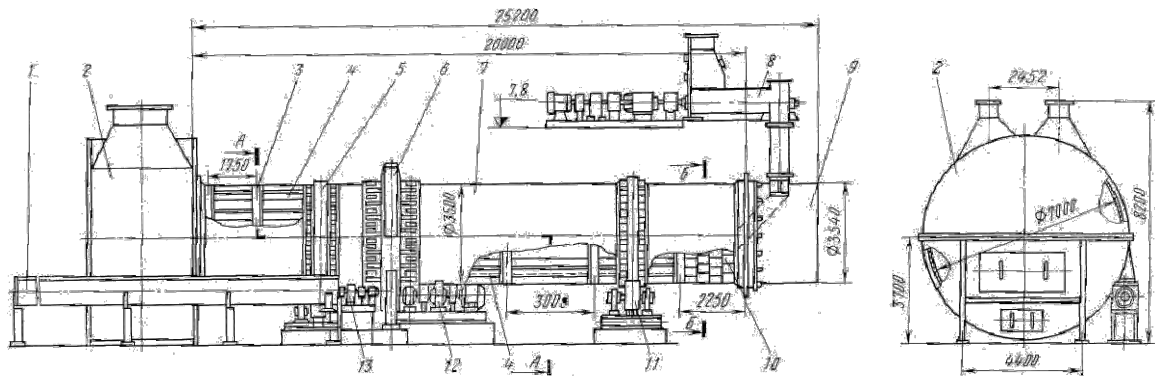


Рис.1.1 Сушарка барабанна ПСА-2

1—шнек для сухих вижимок; 2—корпус нерухомий; 3,4,10—насадки; 5—бандаж опорний; 6—шестерня вінцева; 7—корпус основний; 8—шнек-змішувач; 9—царга нерухома; 11—опорний ролик; 12—привід апарата; 13—привід шнека для сухих вижимок.

Для рівномірного розподілу вижимок у барабані і підвищення коефіцієнта заповнення вижимок всередині барабана встановлені насадки 3,4 і 10. Барабан царгою 9 з'єднується з топкою. Кормові вижимки, змішані з мелясою, подаються в пристрій за допомогою змішувача 8. В кінці барабана до його корпусу кріпиться опорний пристрій, розміщений в нерухомому корпусі. Він призначений для збільшення часу перебування вижимок в барабані без зниження його продуктивності. [1] Рух вижимок в барабані здійснюється за рахунок руху газу, швидкість якого залежить від роботи встановлених на корпусі 2 димососів.

Під час нормальної роботи димососи створюють невелике розрідження 30-50 Па. У деяких випадках для поліпшення ходу вижимок, барабан встановлюють з ухилом 3-5°. Для запобігання зміщення барабану вбік укусу встановлюють упорні ролики на одному з бандажів.

Принцип роботи сушильного пристрою полягає в наступному. Пресовані вижимки і дим надходять у царгу 9. Кількість вижимок, що надходить, регулюється шнеком-живильником 8, з якого вижимки по лотку поступають у барабан на гвинтові лопатки і далі в систему насадок, де рівномірно розподіляється на стійках. [1] При обертанні барабана вижимки пересипаються з однієї насадки на іншу, переміщуються в розвантажувальну камеру 2 і висихають. З розвантажувальної камери висушені вижимки виводяться шнеком 1 через патрубок. Газ печі та вологі вижимки, що висушуються, переміщуються в одному напрямку, тоді як газ високої температури (близько 750 С), вступають в контакт з вижимками і швидко охолоджують їх, і в подальшому, досушують вижимки до кінцевого вмісту вологи (8-12%), шляхом проходження через верхню частину розвантажувальної камери зі штуцером, за допомогою димососа викидаються в атмосферу.

Завдяки безперервному випаровуванню вологи з вижимом їх температура в барабані не підвищується вище крапки кипіння води при даному тиску, а температура вижимок залишається нижче температури кипіння води, оскільки значна частина теплоти газу використовується для випаровування вологи.

1.2. Сушарка барабанна фірми „Буккау-Вольф“

Сушарка (рис. 1.2) використовується для швидкісного сушіння вижимок. Складається вона з основного сушильного барабана 7 і обертової труби 11, в якій відбувається прискорене переміщення газу і сирих вижимок. Сирі вижимки із пресів 2 за допомогою шнека-живильника 3 подаються в обертову трубу 11, куди також надходять топочні гази з максимальною температурою 1100°C. В трубі вижимки перелопачуються за допомогою спеціальних розподільних пристроїв і направляються в основний сушильний барабан.

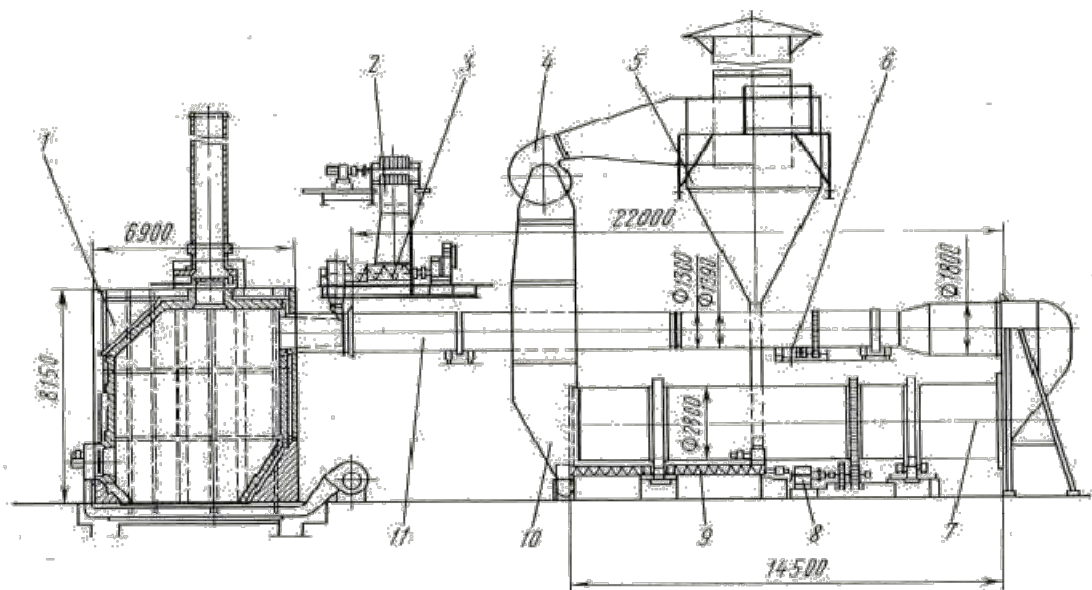


Рис 1.2. Сушарка барабанна фірми „Буккау-Вольф“

1–топка; 2–прес; 3–шнек розподільний; 4–вентилятор; 5–циклон; 6,8–привід; 7–барабан; 9–шнек для відводу сухих вижимок; 10–короб нерухомий; 11–обертова труба.

Швидкому переміщенню матеріалу в трубі сприяє велика швидкість топкових газів, що досягає 40 м/с. Незначний час контакту сирих вижимок з газами із топки, котрі мають високу температуру, сприяє більш якісній передачі теплоти від газу до вижимок, підвищенню швидкості висушування меляси, рівномірному висушуванню вижимок по всій їх масі.

Час зниження температури газів до 350°C в трубі порівняно із звичайною сушаркою зменшується в 8-10 разів. [2] При такому режимі сушіння не погіршується якість висушених вижимок, і зменшується витрата тепла на сушіння (до 3 %). Пояснюється це тим, що за короткий час контакту сирих вижимок з газами, що мають підвищену температуру, вижимки не встигають обуглитися; поліпшуються умови теплопередачі в зв'язку з наявністю великого перепаду температур.

Конструкція сушарок дозволяє висушити вижимки до нормального вмісту вологи з підвищеної початкової вологості.

Принцип роботи основного сушильного барабана та його пристрою такий самий, як і в інших конструкціях барабанних сушарок.

„Буккау-Вольф“ виробляє також високошвидкісні сушарки, в яких труби знаходяться всередині головного барабана. Це зменшує втрати тепла в навколишнє середовище і спрощує конструкцію.

1.3. Сушарка швидкісна-ротаційна Ван-ден-Броека

В сушарці ротаційній Ван-ден-Броека барабан розділений на секції з центральним отвором. Сушильний агент через ці отвори проходить з великою швидкістю, створюючи завихрення потоку, щоб підтримувати продукт в інтенсивному русі. При цьому в барабані відбувається процес гравітаційного розділення висушених і вологих вижимок. Дрібні та легкі частинки вижимок швидко висушуються і виносяться із барабану через отвори перегородок, а більші (вологі) частки під дією власної ваги поступово опускаються на дно барабана, переміщуються вздовж стінок від секції

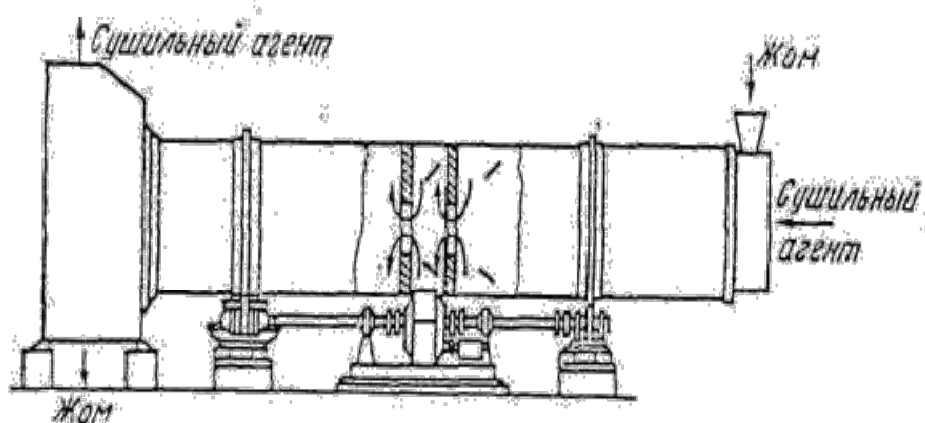


Рис.1.3. Швидкісна ротаційна сушарка Ван-ден-Броека

до тих пір, поки не висохнуть і не будуть перенесені сушильним агентом через центральні отвори в перегородках в розвантажувальну камеру. При цьому частота обертання барабана становить 7 об/хв. [12] Сушарка характеризується низькою питомою теплоємністю (до 3200 кДж/кг), рівномірним сушінням матеріалу та високою якістю сухих вижимок.

2. Техніко-економічне обґрунтування модернізації

В сучасних умовах вітчизняній продукції складно конкурувати з іноземною. Цей стан речей спричинений головним чином двома факторами: по-перше, продуктивністю, а потім якістю. Якість і продуктивність продукції можна підвищити шляхом впровадження у виробничий процес нової технології на основі досягнень науково-технічного прогресу (удосконалення технологічного процесу, впровадження нової техніки і т.п.). Але крім впровадження високопродуктивних ліній, використання безвідходних прогресивних технологій, необхідно обов'язково вирішувати питання скорочення ручної праці, покращення умов праці обслуговуючого персоналу. Одним з найефективніших шляхів вирішення цієї проблеми та збільшення продуктивності праці в харчовій промисловості є автоматизація всіх виробничих процесів та комплексна механізація. [\[17\]](#)

Установка, що модернізується в даній кваліфікаційній роботі, призначена для висушування яблучних вижимок після остаточного віджиму до рівноважної вологості. Основою даної машини є барабанна сушарка для вижимок.

Модернізована сушильна установка має такі переваги над аналогом:

1. вижимки частково підігріваються сушильним агентом, який викидається в атмосферу;
2. має меншу вологість, ніж вижимки, які йшли в сушарку з пресів (вологість вижимок зменшується за рахунок переходу частини вологи на сухі часточки вижимок);
3. сушильний агент практично повністю очищений від мілких часточок вижимок внаслідок його проходження через шар вологих вижимок, що зменшить забруднення атмосфери.

<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> Фузжк Е.Є.	<i>Назва, додаткова назва</i> Техніко-економічне обґрунтування	192007.KP.03.002 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	

4. Технічний результат від використання запропонованого рішення полягає в можливості інтенсифікувати процес сушіння вижимок за рахунок зменшення вологості матеріалу, який поступає на висушування та має більш високу температуру, що дозволить збільшити продуктивність сушильної установки. [17] Зменшуються витрати електроенергії на сушіння у зв'язку зі зменшенням потужності електродвигунів нової машини у порівнянні з аналогом.

5. Покращення якості, за рахунок покращеного контакту теплоносія з продуктом.

6. Сушильна установка оснащена сучасними мікропроцесорними засобами автоматизації для зменшення кількості керуючого електрообладнання та економії виробничих площ.

7. При проектуванні нових машин використовуються стандартні вироби та уніфіковані вузли та деталі ДСТУ. [12] Закуплена продукція, яка використовується для створення нової машини, буде виготовлятися на машинобудівних заводах України. Це знизить вартість нових машин.

Висновок: Таким чином економічна доцільність та технічна можливість модернізації даної машини, очевидна. Економічна ефективність модернізації підтверджується подальшими техніко-економічними розрахунками доцільності впровадження установки, наведеними в розділі.

3.Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Вижимки — цінний кормовий продукт, який повністю використовується в народному господарстві, він утворюється під час добування соку з яблук продуктів дифузійним способом. Вихід свіжих не віджатих вижимок при переробці спілих яблук і дотриманні оптимального технологічного режиму в середньому по промисловості становить 83 % маси перероблених яблук. До складу вижимок входять 5 - 8 % сухих речовин, решта — вода. Сухі речовини містять цукор, пектинову речовину, клітковину, білки та ін. Тому вижимки легко засвоюються тваринами, завдяки чому вони посідають проміжне місце між вівсом і луговим сіном. [1]

Пектином називають полісахарид, який видобувається органічним шляхом. Його головна особливість полягає в склеюючій властивості. Отримати його можна за допомогою його вилучення з вижимок яблука або будь-якого цитрусового фрукта. Дана речовина часто носить назву гелеутворювач, загущувач, стабілізатор і освітлювач. Так як пектин часто використовується в кулінарії, він є зареєстрованою харчовою добавкою під назвою E440. Крім фруктів, пектин міститься в невеликому обсязі в складі різних овочів і коренеплодах. Харчова промисловість досить часто вдається до допомоги пектину при необхідності виготовити цукерки, десерти, начинки з фруктів, пастилу, желе, молочні продукти, майонез і кетчуп. Яблучний полісахарид має більшу цінність в кондитерському виробництві. Для виготовлення консервованих продуктів або молочної продукції переважно використовується цитрусовий полісахарид. [15]

У медицині активну добавку E440 використовують для виробництва капсул. Вона часто включена в багато лікарські препарати, які очищають

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Характеристика <i>вихідної сировини та</i> готового продукту	192007.KP.03.003 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

організм. У косметології речовину застосовують для виготовлення кремів і масок, які можна купити в будь-якій аптеці.

Цей полісахарид незамінний для виробництва желе, пастили, варення, мармеладу, кетчупу і майонезу. Рекомендується приймати окремо (у вигляді препарату) речовину пектин – користь для організму буде тільки вище, оскільки ця добавка може:

- поліпшити периферичний кровообіг;
- стабілізувати обмін речовин;
- знизити холестерин;
- нормалізувати перистальтику кишечника;
- проявляти себе як натуральний протизапальний засіб при виразкових хворобах, а ще як легку знеболювальну;
- очищати від шкідливих речовин (антидот при отруєнні);
- зв'язувати важкі метали (виводить з організму іони ртуті, міді, заліза, свинцю);
- виводити анаболіки, біогенні токсини, продукти метаболізму, жовчні кислоти, сечовину;
- знизити ризик розвитку раку, діабету;
- активізувати мікроорганізми, що відповідають за вироблення вітамінів;
- допомагати природному омолодженню організму (особливо у жінок), завдяки галактурановій кислоті, що знаходиться в полісахаридах;
- сприяти розщепленню жирів, що допомагає позбавитися від зайвих кілограмів.

Сьогодні особливо відомий яблучний пектин, який є максимально корисним і найякіснішим. Для широкого використання цей продукт виробляють в двох формах — порошкоподібної і рідкої. Чиста речовина при вживанні з їжею не створює в організмі енергетичного запасу, воно нейтрально. Цим добавка функціонально відрізняється від багатьох інших полісахаридів.



Рис. 3.1. Яблучний пектин у порошкоподібному вигляді.

4. Опис запропонованого технологічного рішення. Будова та принцип роботи.

4.1 Опис запропонованого технологічного рішення.

Як відомо, автоматизація – це загальний принцип звільнення людини від безпосередньої участі в управлінні технічними і виробничими процесами та побудові систем для цього.

Сушильний барабан має вид циліндра, покритого ізоляційним кожухом, оснащеного двома біговими кільцями і одним приводним зубчастим вінцем.

Віджаті вижимки подаються в барабан через загрузочний лоток, який прикріплений до кінцевої частини топки. Вижимки, які падають із завантажувального лотка, падають на спіральні обвідні лопатки в передній частині сушильного барабану, рухаються під час обертання барабана та падають між поперечними лезами. Волога, що міститься в вижимках, при контакті з вихлопними газами, стає водяною парою, і разом з цими газами викидається вихідними патрубками назовні. А вижимки із вивантажувальної камери попадають на шнек. [15]

Використання автоматичних пристроїв:

стандартні і нестандартні діафрагми, перетворювачі перепаду тиску, навантаження, термоелектричні перетворювачі температури, перетворювачі для термопар, виконавчі механізми, засоби технологічного і теплового контролю та сигналізатори дозволяють контролювати процес сушіння в автоматичному режимі.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Опис запропонованого технологічного рішення.</i> <i>Будова та принцип роботи.</i>	192007.KP.03.004 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

Втручання людини в управління процесом мінімальне і потрібне лише на початку роботи або при екстремому запуску сушарки.

Автоматизація сушильних барабанів має сенс з декількох причин: з економічної точки зору, витрати на встановлення та обслуговування автоматизованого обладнання нижчі за витрати на використання людських ресурсів; з точки зору техніки безпеки, нещасні випадки під час роботи зведені до мінімуму.

4.2. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ.

Модернізована в даній кваліфікаційній роботі установка призначена для балансування вологи та сушіння яблучних вижимом після остаточного пресування. Основою для цього є сушарка барабанна для вижимом ПСА-2.

Модернізована сушильна установка має такі переваги над аналогом:

1. вижимки частково підігріваються сушильним агентом, який викидається в атмосферу;
2. має меншу вологість, ніж вижимки, які йшли в сушарку з пресів (вологість вижимок зменшується за рахунок переходу частини вологи на сухі часточки вижимок);
3. сушильний агент практично повністю очищений від мілких часточок вижимок внаслідок його проходження через шар вологих вижимок, що зменшить забруднення атмосфери.

Технічний результат від використання запропонованого рішення полягає в можливості інтенсифікувати процес сушіння вижимок за рахунок зменшення вологості матеріалу, який поступає на висушування та має більш високу температуру, що дозволить збільшити продуктивність сушильної установки. Зменшуються витрати електроенергії на сушіння у зв'язку зі зменшенням потужності електродвигунів нової машини у порівнянні з аналогом.[12] Покращення якості, за рахунок покращеного контакту теплоносія з вижимками. Сушильна установка оснащена новітніми засобами автоматизації на основі мікропроцесорів, що дозволяє зменшити кількість електричних елементів керування та заощадити виробничу площу.

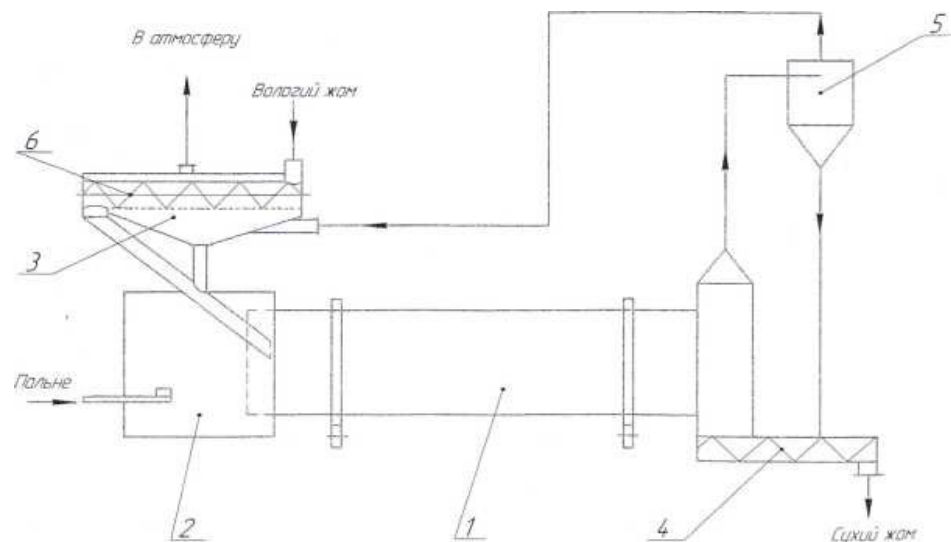
4. При конструюванні нових машин використовуються стандартні вироби та уніфіковані вузли та деталі з ДСТУ. Закуплена продукція, яка використовується для створення нових машин, буде виготовлятися на машинобудівних заводах України. Це знижує вартість нових машин.

Висновок: Таким чином економічна доцільність та технічна можливість модернізації даної машини, очевидна. Економічна ефективність модернізації підтверджується подальшими техніко-економічними розрахунками доцільності впровадження установки, наведеними в розділі.

4.3.Будова сушильної установки

Сушильна установка призначена для висушування віджатих вижимок газами із топки і має потужність по виробництву кінцевого продукту 170т/добу.

Поставлена задача досягається тим, що барабанна сушильна установка складається з циліндричного барабану з насадками розподілення вижимок 1, топки 2, завантажувального пристрою вологих вижимок 3, вивантажувального пристрою сухих вижимок 4, циклону очищення сушильного агенту 5, з'єднувальних трубопроводів



Барабан сушки має вид циліндра, покритого ізоляційним кожухом, оснащеного двома біговими кільцями і одним приводним зубчастим вінцем.

Всередині барабана, в його передній частині, (зі сторони топки) приварені спіральні обвідні лопатки, а в глибшій його частині між отворами люків влаштовані секції хрестоподібних лопаток та секції

лопаток, що розміщені по гвинтовій лінії. Ці секції розміщені по всій довжині барабана.

Барабан обертається на двох наборах бігових роликів. Осьове переміщення барабана обмежено двома горизонтальними фіксуючими роликами, відстань яких може регулюватися за допомогою нажимних гвинтів.[14]

Барабан ведений від електродвигуна, який з'єднується з закритою зубчатою передачею за допомогою еластичної муфти. Тихохідний вал передачі з'єднаний також за допомогою еластичної муфти з валиком, який розміщується в підшипниках кочення, на яких насаджено зубчате колесо, яке зачеплене з зубчатим вінцем, прикріпленим до барабану.

Розвантажувальна камера є нерухомою частиною сушки. В камері обертається кінцева частина барабану, до якої прикручений барабан досушувача, оснащений з'ємними ножами.

В стінці камери знаходяться люки, вакуумметр і термометр. В верхній частині камери знаходяться два патрубкі, що з'єднують її з повітреприймачем вентилятора, а також патрубок для завантаження недосушених вижимок. Розвантажувальна отвір знаходиться збоку нижньої частини камери.

Барабанна сушильна установка складається з циліндричного барабану з насадками розподілення вижимок, топки , завантажувального пристрою вологих вижимок, вивантажувального пристрою сухих вижимок, циклону очищення сушильного агенту, з'єднувальних трубопроводів яка відрізняється тим, що завантажувальний пристрій вологих вижимок виконаний з перфорованим нижнім днищем та має знизу підвідний патрубок, який з'єднаний з осьовим випускним патрубком циклону, а зверху завантажувального пристрою є відвідний патрубок сушильного агенту в атмосферу.

4.4. Принцип роботи

Вологі вижимки після остаточного віджимання до вологості $A \wedge = 84$ - 80% (СВ=16 - 20%) через завантажувальний пристрій 14 потрапляє в сушильний барабан 1, де системою насадок рівномірно розподілено по поперечному перерізу пристрою. Гаряче повітря при температурі 750-850°C, нагріте в топці 2 надходить безпосередньо з вологими вижимками в барабанну сушарку 1. Проходячи по довжині барабану, який обертаються вологі вижимки інтенсивно пересипаються по системі насадок і висушуються до кінцевої вологості 12 - 14 %. Через опорний пристрій на протилежній стороні барабана сухі вижимки видаляються розвантажувальним пристроєм 4, а вологе повітря надходить у циклон 5 для промивання, де великі частинки сухих вижимок відокремлюються від осушувача і висушуються, та потім потрапляють всередину пристрою зливу готової продукції. Так як температура сушильного агента вище 100°C та не повністю очищений від часточок сухих вижимок, то він подається на шнековий завантажувальний пристрій 3 в його нижню коробову частину перфороване днище. Проходячи через отвори днища, він контактує з вологими вижимками, що транспортуються шнеком 6 до завантажувального бункера 14 в барабанну сушарку 1. При цьому теплота гарячого сушильного агента передається холодним вижимкам з вологістю 100% і він підігрівається. Таким чином зменшуються затрати тепла в сушарці, що зв'язані з нагрівом вологих вижимок. Крім того, повітря, що контактує з вологими вижимками і містить часточки сухих вижимок, очищається від цих часточок, так як вони осідають на поверхні вологих вижимок. Повітря очищається і витягну трубу 12 видаляється в атмосферу. [1]

Таким чином, гаряче не повністю очищене повітря з циклонів додатково очищається від мілких часточок сухих вижимок, охолоджується, нагріваючи при цьому вологі вижимки та видаляючи деяку кількість вологи з

вижимок, які поступають на сушіння.

Сухі часточки вижимок, що попали в середофіще вологих вижимок в цих умовах забирають частину вологи на себе та зменшують загальну вологість вологих вижимок, що йде на сушіння.

Часточки вижимок, які через отвори перфорованого днища попали в короб подачі повітря з циклонів по його похилому днищі через патрубок 10 потрапляють в основний завантажувальний патрубок 14.

Завантажувальний пристрій вологих вижимок складається з транспортуючого шнека 6, який знаходиться в коритоподібному корпусі 7 з перфорованим нижнім днищем 8. Під перфорованим днищем виконане конусоподібне суцільне днище 9, що має патрубок 10 для вивантаження часточок вижимок, які просипались через отвори перфорованого днища та з'єднані з основним завантажувальним патрубком.

Зверху завантажувальний пристрій закритий кожухом 11, що має витяжну трубу 12 для відведення сушильного агенту. Вологі вижимки з пресів потрапляє в завантажувальну шахту 13 шнекового завантажувального пристрою. Пройшовши шнековий пристрій вижимки через патрубок 14 потрапляє на сушіння в основний сушильний барабан 1.

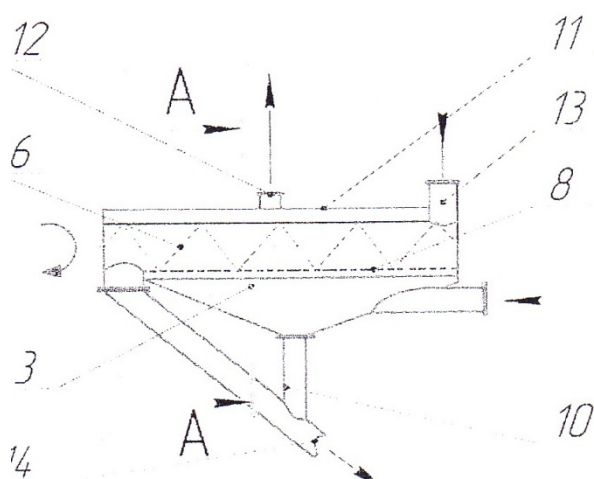


Рис.4.2 Конструкція

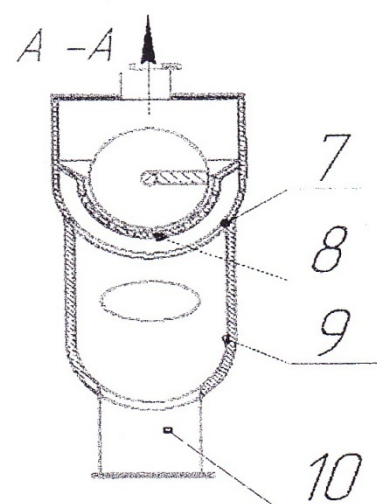


Рис.4.3 Поперечний переріз

Завантажувального пристрою

завантажувального пристрою

3-завантажувальний пристрій

11- кожух

6-транспортуючий шнек

12-витяжна труба

7-коритоподібний корпус

13-завантажувальна шахта

8-перфороване днище

14-завантажувальний

9-конусоподібне суцільне днище

патрубок.

10-патрубок для вивантаження

часточок вижимок

5. Підбір конструкційних матеріалів

5.1. Загальні вимоги

Вибір матеріалів, що використовуються в харчових технологіях при виготовленні деталей для приготування, зберігання і транспортування продукції, визначається такими основними факторами:

- Допустимість контакту з харчовими продуктами (токсичність матеріалу);
- Економічна доцільність застосування;
- Вимоги до надійності та довговічності обладнання.

Під час проектування машин і обладнання для харчових технологій ці проблеми полягають у використанні будівельних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, у використанні найменш дорогих матеріалів, які відповідають будівельним та конструкційним вимогам, а також у забезпеченні поверхонь, що забезпечує мінімізацію можливого фрикційного зносу.

Довговічність в першу чергу визначається зносостійкістю деталей. Тому одним із основних шляхів підвищення ресурсу та надійності машин є підвищення зносостійкості поверхонь деталей.

У мірі зношування деталей зазор між парами тертя збільшується що порушує нормальну роботу машини та викликає появу вібрації та ударів на поверхнях деталей.

Знос деталі може зруйнувати її, або знос може поступово збільшити змінне напруження та перевищити межу втоми.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Підбір конструкційних матеріалів	192007.KP.03.005 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Вихід з ладу деталей через зношування також може призвести до простою обладнання та зупинки виробництва. Зносостійкість сталі можна підвищити за допомогою високотемпературного гартування, а при високих навантаженнях – низькотемпературного гартування.

Для підвищення зносостійкості ефективною є цементація сталі з подальшим гартуванням і низькотемпературним відпуском.

Поряд з металами і сплавами в харчовому машинобудуванні також широко застосовуються полімерні та гумові вироби..

Сукупність технічних властивостей гумових матеріалів дозволяє використовувати їх для амортизації, ущільнення і герметизації в повітряних і рідких середовищах, для виготовлення ємностей для зберігання нафти та пального, для стрічок конвеєрів і в різних трубопроводах.

Лакофарбові матеріали широко використовуються дшя захисту металів від корозії. Лакофарбові матеріали належать до групи плівкоутворювальних матеріалів. При нанесенні на поверхню в рідкому вигляді вони утворюють плівку.

Захист виробів від впливу зовнішнього середовища шляхом нанесення лакофарбових покриттів є найбільш доступним і широко застосовуваним у машинобудуванні. За допомогою захисних покриттів термін служби машин, обладнання та різних металоконструкцій збільшується в кілька разів.

5.2. Вибір конструкційних матеріалів.

Вибір конструкційних матеріалів для сушильних установок є однією з найважливіших завдань при їх проектуванні. Конструкційні матеріали повинні не тільки відповідати вимогам до механічних властивостей, але й відповідати деяким спеціальним вимогам, таким як термостійкість і корозійна стійкість, а також бути недорогим і не дефіцитним.

Вибір матеріалів починається з визначення умов експлуатації обладнання, таких як температура, тиск, хімічний склад і концентрація теплоносія, а також зміни навантаження. Тому необхідно вибирати матеріали, які відповідають основним вимогам, що визначаються призначенням обладнання та умовами експлуатації.

У сушильних барабанах внутрішній барабан з лопатями працює в середовищіх температурою нагрівального агента 300°C, контактує з вологими продуктами і насичений водяною парою. З цієї причини слід використовувати корозійностійку листову сталь марки 17X18H9 ДСТУ 9029:2020, яка має відмінну тепло- і термостійкість. Сталь марки 17X18H9 ДСТУ 9029:2020 має високу пластичність і зварюваність, що є необхідними умовами для виготовлення лопатей та їх з'єднань.

Для виготовлення осей опорних коліс використовується високоякісна вуглецева конструкційна сталь марки 45 ДСТУ 7809 , оброблена холодним способом перерізу \varnothing 165 мм, з нормальною точністю прокатки В по ДСТУ 4746:2007, для холодної механічної обробки по всій поверхні підгрупи б, категорії 2, і СЧ 15 ДСТУ 7749:2015 і готові вироби мають високе загартування до 197 НВ. Підшипникові опори виготовляються з чавуну.

Опорні колеса, які обертають барабан, виготовляються з поковок зі сталі 40 ДСТУ 7809:2015, які при високій термообробці мають твердість 187 НВ. Твердість коліс повинна бути нижчою за твердість бандажів через зношування робочої поверхні, а також тому, що виготовлення та встановлення коліс значно дешевше. Для виготовлення бандажів використовується сталь Ст3, прямокутного прокату 165×265мм (без термічної обробки), твердість якої становить 217 НВ.

Матеріал і номер ДСТУ	Використання
Сталь 17Х18Н9 ДСТУ 9029:2020	Барабан сушильної установки
Сталь 17Х18Н9 ДСТУ 9029:2020	Лопаті насадок і їх з'єднання
Сталь Ст40 ДСТУ 7749:2015	Опорні колеса
Сталь 45 ДСТУ 7809:2013	Осі опорних коліс
СЧ 15 ДСТУ 7749:2015	Підшипникові опори
Сталь Ст3 ДСТУ 2651:2005	Прокат прямокутного перерізу 165×265×2мм для бандажів, 20×20×2мм для виготовлення рами привода

6. Розрахункова частина

6.1. Розрахунок продуктивності сушильного барабана

Технічна продуктивність апарату по сушеним вижимкам, т/добу;

$$G_{C.ж.} = \frac{24 \cdot V \cdot A \cdot CB_1(100 - П_с)}{1000 \cdot q \cdot CB_2} \cdot k \quad (6.1)$$

де $G_{C.ж.}$ – технічна продуктивність сушильного апарату по сушеним вижимкам, т/добу;

V – загальний об'єм сушильного барабана, m^3 ;

$$V = L \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot k = 18 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} \cdot 0,9 = 158 m^3 \quad (6.2)$$

L – робоча довжина барабану, м;

D – внутрішній діаметр, м;

k – коефіцієнт заповнення 0,35;

A – вологонапруженні одиниці об'єму апарата, $A=160 \text{ кг}/(m^3 \cdot \text{год})$.

$CB_{B.ж.}$ – вміст сухих речовин у віджатах вижимках. $CB_{B.ж.}=25\%$.

$CB_{C.ж.}$ – вміст сухих речовин в сухих вижимках. $CB_{C.ж.}=92\%$.

q – кількість води, що випаровується при сушінні вижимок в % до маси віджатах вижимок.

$$q = \frac{CB_{C.ж.} - CB_{B.ж.}}{CB_{C.ж.}} \cdot 100 = \frac{92 - 25}{92} \cdot 100 = 73 \quad (6.3)$$

$П_с$ – втрати сухих речовин під час сушки, % до маси сухих речовин віджатах вижимком. $П_с = 3\%$.

K – коефіцієнт підвищення продуктивності.

$$G_{C.ж.} = \frac{24 \cdot 158 \cdot 160 \cdot 25(100 - 3)}{1000 \cdot 73 \cdot 92} \cdot 0,35 = 77 \text{ т} / \text{добу}.$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р.Л.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Фузжк Е.Е.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	192007.КР.03.006.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1

6.2. Конструктивний та тепловий розрахунок

Визначимо кількість випареної із 2ижимом вологи, за формулою з [14]:

$$G_{H_2O} = G_{C.Ж.} \left(\frac{CB_{C.Ж.}}{CB_{B.Ж.}} - 1 \right) = \frac{77 \cdot 10^3}{24} \left(\frac{92}{25} - 1 \right) = 8598,3 \text{ кг/год}, \quad (6.4)$$

Визначимо дійсну волого напруженість об'єму барабана:

$$A = \frac{G_{H_2O}}{V_6} = \frac{8598,3}{158} = 54,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{год}} \quad (6.5)$$

Визначимо середню насипну масу 2ижимом згідно з [14], за формулою:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\ln \frac{\rho_1}{\rho_2}}, \quad (6.6)$$

де ρ_1 і ρ_2 – насипна маса відповідно вологих і сушених 2ижимом, кг/м^3 . Відповідно приймаємо:

$$\rho_1 = 350 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_2 = 230 \text{ кг/м}^3.$$

Тоді:

$$\rho_{cp} = \frac{350 - 230}{\ln \frac{350}{230}} = 285,81 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Визначимо тривалість процесу сушіння (в год) за формулою з [14]:

$$\tau = 2 \cdot \frac{\beta \cdot \rho_{cp}}{A} \cdot \frac{W_1 - W_2}{200 - (W_1 + W_2)} = 2 \cdot \frac{0,216 \cdot 285,81}{54,4} \cdot \frac{75 - 8}{200 - (75 + 8)} = 1,3 \text{ год} \quad (6.7)$$

де β – коефіцієнт заповнення барабану;

W_1 – вологість у віджатих вижимках;

W_2 – вологість у сушених 2в.2мом.

Тривалість перебування 2в.2мом в барабані залежить від багатьох факторів (конструкції барабану та насадок, швидкості руху сушильного агента, рівномірності подачі 2в.2мом, коефіцієнта заповнення барабана і т.д.), тому при проектуванні барабанних вижимкосушильних установок доцільно передбачити можливість зміни частоти обертання барабана, що дозволить встановити її оптимальне значення для даних умов. Приймаємо, що частота обертання барабана може змінюватись від 1,43 до 2,85 об/2в..

6.3. Геометричний розрахунок барабану

Визначаємо продуктивність сушарки по вологим вижимкам:

$$G_{B.Ж} = G_{C.Ж} \cdot \frac{100 - W_2}{100 - W_1} = 241 \cdot \frac{100 - 8}{100 - 75} = 886,88 \frac{т}{добу} = 36953,3 \frac{кг}{год} \quad (6.8)$$

Визначаємо масу віджатих вижимок, що проходить через сушарку за час сушіння τ :

$$M_{B.Ж.} = G_{B.Ж.} \cdot \tau = 36953,3 \cdot 0,5 = 18476,65 кг \quad (6.9)$$

При вологості віджатих вижимок $W_{B.Ж.} = 75\%$ ($W_{в.ж.}^c = 455,6\%$), його насипна маса становить $\rho_n = 350 \text{ кг/м}^3$ [14].

Тоді вижимки займуть об'єм

$$V_{B.Ж.} = \frac{M_{B.Ж.}}{\rho} = \frac{18476,65}{350} = 52,8 \text{ м}^3 \quad (6.10)$$

Приймаємо, що середня вологість вижимок у барабані становить $W = 50\%$, тоді об'ємна усадка вижимок в процесі сушіння

становитиме $\delta = 65\%$.

Визначаємо об'єм V та середню площу поперечного перерізу вижимок в барабані.

$$V = V_{B.Ж.} \cdot (1 - \delta) = 52,8 \cdot (1 - 0,65) = 18,48 \text{ м}^3; \quad (6.11)$$

$$S = \frac{V}{L} = \frac{18,48}{18} = 1,02 \text{ м}^2. \quad (6.12)$$

де $L = 18 \text{ м}$ – довжина барабану.

Визначаємо площу поперечного перерізу S' барабану без продукту:

$$S' = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 9,07 \text{ м}^2, \quad (6.13)$$

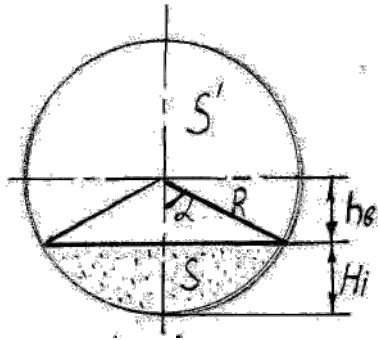
де D – внутрішній діаметр барабану, м.

Визначаємо площу вільного перерізу барабану, з продуктом:

$$F = S' - S = 9,07 - 1,02 = 8,05 \text{ м}^2. \quad (6.14)$$

Відповідно до рис 6.1. складаємо рівняння площі сегмента, тобто площі поперечного перерізу вижимок в барабані в стані спокою:

$$S = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot 2 \cdot \alpha}{360} - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot R \cdot \sin \alpha, \quad (6.15)$$



Звідси:

$$S = R^2 \left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha - \cos \alpha \cdot \sin \alpha \right). \quad (6.16)$$

Підставляючи значення S чисельним методом знаходимо значення кута α .

$$R = \frac{3,4}{2} = 1,7 \text{ м}$$

$$1,45 = \frac{3,14 \cdot 1,7^2 \cdot 2 \cdot \alpha}{360} - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1,7 \cdot \cos \alpha \cdot 1,7 \cdot \sin \alpha;$$

$$\alpha = 55^\circ \text{С.}$$

$$h_e = R \cdot \cos \alpha = 1,7 \cdot \cos 55 = 0,83 \text{ м} \quad (6.17)$$

$$H = R \cdot (1 - \cos \alpha) = 1,7(1 - \cos 55) = 0,87 \text{ м} \quad (6.18)$$

6.4. Розрахунок на міцність барабана сушки

Барабан сушки має дві опорні станції. Барабан не футерований і має насадки, діаметр барабана $D_B=3400\text{мм}$; довжина барабана $L=18000\text{мм}$; $l=4000\text{мм}$; $l_2=10000\text{мм}$; коефіцієнт заповнення барабана матеріалом $\beta=0,216$; насипна щільність матеріалу $\rho=285,81\text{кг/м}^3$; маса корпусу барабана з насадкою $m_o=63000\text{кг}$; навантаження від вінцевої шестерні $Q_B=15000\text{Н}$; матеріал барабана – Ст3, допустима напруга 10МПа . Приймаємо товщину стінки $S=20\text{мм}$.
Маса матеріалу, що знаходиться в сушарці:

$$m_{\text{жс}} = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_B^2}{4} \quad (6.19)$$

$$m_{\text{жс}} = \frac{0,216 \cdot 285,81 \cdot 18 \cdot 3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 10084\text{кг}$$

Сумарна маса барабану і вижимок:

$$m = m_o + m_{\text{жс}} = 63000 + 10084 = 73084\text{кг} \quad (6.20)$$

Лінійне навантаження:

$$q = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{73084 \cdot 9,81}{18} = 39790\text{Н/м.} \quad (6.21)$$

Визначаємо опорні реакції в вертикальній площині (рис.6.3.)

$$\sum M_A = 0; -q \frac{a_1}{2} \cdot a_1 + P \cdot a_2 - R_B \cdot (a_3 + a_2) + q \cdot (a_2 + a_3 + a_4) = 0 \quad (6.22)$$

$$R_{By} = \frac{-39790 \cdot 2 \cdot 4 + 15000 \cdot 1,5 + 39790 \cdot 7 \cdot 14}{10} = 360360\text{Н}$$

$$\sum M_A = 0; q \frac{a_4}{2} \cdot a_4 - P \cdot a_3 + R_A \cdot (a_3 + a_2) - q \cdot (a_2 + a_3 + a_1) = 0$$

$$R_{By} = \frac{-39790 \cdot 2 \cdot 4 + 15000 \cdot 8,5 + 39790 \cdot 7 \cdot 14}{10} = 370860\text{Н}$$

$$\text{Перевірка: } \sum F_y = R_A - P + R_B - q \cdot l = 370860 - 15000 + 360360 - 39790 \cdot 18 = 0$$

Визначаємо навантаження на опори:

$$Q_C = 0;$$

$$Q_A = -q \cdot a_1 = -39790 \cdot 4 = -159160\text{Н};$$

$$Q_A' = -q \cdot a_1 + R_A = -39790 \cdot 4 + 370860 = 211700\text{Н};$$

$$Q_D = -q \cdot (a_1 + a_2) + R_A = -39790 \cdot 5,5 + 370860 = 152015\text{Н};$$

$$Q_D' = -q \cdot (a_1 + a_2) + R_A - P = -39790 \cdot 5,5 + 370860 - 15000 = 137015\text{Н};$$

$$Q_B = -q \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + R_A - P = -39790 \cdot 14 + 370860 - 15000 = -201200\text{Н};$$

$$Q_B = -q \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + R_A - P + R_B = -39790 \cdot 14 + 370860 - 15000 + 360360 = 159160H;$$

$$Q_E = -q \cdot (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) + R_A - P + R_B = -39790 \cdot 18 + 370860 - 15000 + 360360 = 0H;$$

Визначаємо згинальні моменти в вертикальній площині:

$$M_C = 0;$$

$$M_A = -q \cdot \frac{a_1}{2} a_1 = -39790 \cdot \frac{4}{2} \cdot 4 = -318320H \cdot m;$$

$$M_D = -q \cdot \frac{(a_1 + a_2)}{2} (a_1 + a_2) + R_a \cdot a_2 = -39790 \cdot \frac{(4 + 1,5)}{2} (4 + 1,5) + 370860 \cdot 1,5 = -45533,7H \cdot m;$$

$$M_D = -q \cdot \frac{14}{2} 14 + R_a \cdot (a_2 + a_3) - P \cdot a_3 = -39790 \cdot 7 \cdot 14 + 370860 \cdot 10 - 15000 \cdot 8,5 = -318320H \cdot m;$$

$$M_E = -q \cdot \frac{18}{2} 18 + R_a \cdot 14 - P \cdot 12,5 + R_B \cdot 4 = -39790 \cdot 9 \cdot 18 + 370860 \cdot 14 - 15000 \cdot 12,5 + 360360 \cdot 4 = 0.$$

Максимальний згинальний момент, який діє на барабан становить $M=318320$ Н·м.

Момент опору перерізу барабана:

$$W = \frac{S_\sigma \cdot \pi \cdot D^2}{4} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 0,18m^3 \quad (6.23)$$

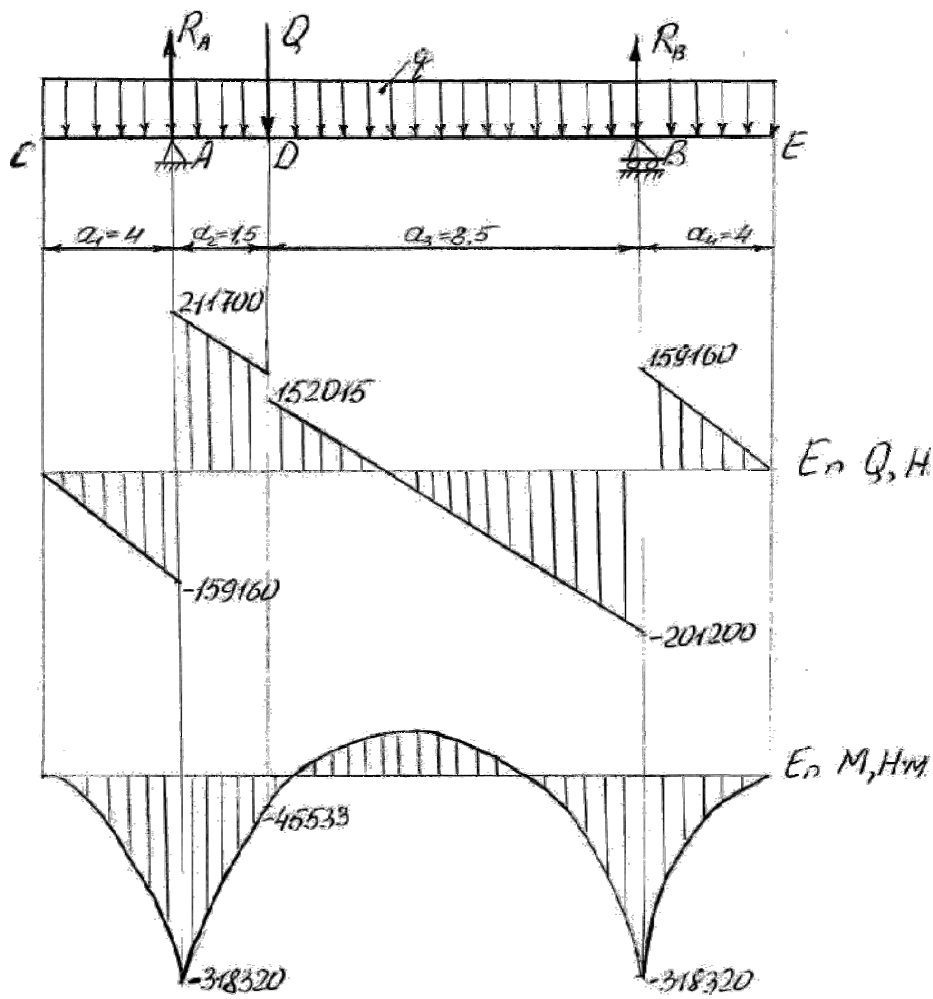
Напруження в корпусі барабана:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{318320}{0,18} = 1,76 \cdot 10^6 Pa = 1,76MPa. \quad (6.24)$$

Умова міцності виконується

$$\sigma \leq [\sigma] \quad [1,76 \leq 10MPa]$$

Рис. 6.2. Епюри згинальних моментів



6.5. Визначення потужності приводу

Визначаємо потужність в кВт, необхідну для приводу барабана за формулою:

$$N = \frac{N_0 + N_1 + N_2 + N_3}{\eta}, \quad (6.25)$$

де N_0 – потужність необхідна для подолання тертя між зубчатим вінцем і колесом, кВт;

N_1 – потужність на подолання тертя ковзання цапф зубчатого колеса в підшипниках, кВт;

N_2 – потужність на підйом ґижимом відповідно в середину барабана і у верхню частину барабана;

N_3 – потужність на підйом ґижимом в барабані до кута природного відкосу та на перемішування ґижимом, кВт;

η – загальний ККД приводу.

Визначаємо масу ґижимом в барабані при номінальному режимі роботи сушарки за формулою:

$$M = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_B^2}{4} \quad (6.26)$$

ρ – насипна маса ґижимом, кг/м³.

$$M = \frac{0,216 \cdot 285,81 \cdot 18 \cdot 3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 10084 \text{ кг}$$

Відповідно до окремих розрахунків маса барабану без продукту становить $M_6=63000$ кг. Барабан підтримується на 4 опорних роликах: $z=4$. Кут розміщення коліс відносно вертикальної осі барабана становить $\alpha=30^\circ$.

Визначаємо реакцію зубчатого колеса:

$$P = \frac{(M + M_6) \cdot g}{z \cdot \cos \alpha} = \frac{(10084 + 63000) \cdot 9,81}{4 \cdot \cos 30^\circ} = 206966,804 \text{ Н} \quad (6.27)$$

Визначаємо N_0 за формулою:

$$N_0 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_6}{D_k} \cdot P \cdot \mu \cdot z \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (6.28)$$

де D_6 і D_k – діаметри відповідно зубчатого вінця і зубчатого колеса, м. відповідно до конструктивних особливостей барабану сушарки приймаємо:

$D_6=4,3$ м; $D_k=0,7$ м.

μ – коефіцієнт тертя, м. При коченні сталі по сталі $\mu=5 \cdot 10^{-4}$ м.

n – частота обертання барабану, об/с. беремо максимальну частоту $n=2,85$ об/8в. = 0,0475об/с.

Тоді

$$N_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{4,3}{0,7} \cdot 206966,804 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 0,0475 \cdot 10^{-3} = 0,632 \text{кВт}$$

Визначаємо N_1 за формулою:

$$N_1 = \frac{D_a}{D_k} \cdot \pi \cdot d_u \cdot P \cdot f \cdot z \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (6.29)$$

де d_u – діаметр цапф валів опорного коліс, м.

Приймаємо $d_u = 0,16$ м.

f – коефіцієнт тертя в підшипниках. Для підшипників кочення $f = 0,015$.

Тоді

$$N_1 = \frac{4,3}{0,7} \cdot 3,14 \cdot 0,16 \cdot 206966,804 \cdot 0,015 \cdot 4 \cdot 0,0475 \cdot 10^{-3} = 1,49 \text{кВт}$$

Визначаємо N_2 за формулою:

$$N_2 = \frac{M \cdot g \cdot h}{1000 \cdot t}, \quad (6.30)$$

де h – середня висота підйому часток матеріалу, м.

Згідно з рекомендаціями [6 с.438] $h = 0,6 \cdot D$:

$$h = 0,6 \cdot 3400 = 2040 \text{мм} = 2,04 \text{м.}$$

Час підйому матеріалу на висоту h визначається за формулою:

$$t = \frac{\varphi}{\omega}, \quad (6.31)$$

де φ – кут підйому матеріалу, рад.

$$\varphi = 180^\circ - \arccos\left(\frac{2 \cdot h}{D} - 1\right) = 180^\circ - \arccos\left(\frac{2 \cdot 2,04}{3,4} - 1\right) = 92,81^\circ = 1,6 \text{рад}$$

Кутова швидкість барабану становить:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2,85}{30} = 0,298 \text{рад/с} \quad (6.32)$$

Підставляючи дані отримаємо:

$$N_2 = \frac{M \cdot g \cdot h \cdot \omega}{1000 \cdot \varphi} = \frac{10084 \cdot 9,81 \cdot 2,04 \cdot 0,298}{1000 \cdot 1,6} = 19,58 \text{кВт}$$

Визначаємо N_3 всередині барабана за формулою:

$$N_4 = N_{\text{під}} + N_{\text{зміш}} \quad (6.33)$$

де $N_{\text{під}}$ – потужність необхідна для підйому продукта до кута природного відкосу, кВт;

$N_{\text{зміш}}$ – потужність необхідна для підйому продукта вище кута природного відкосу, кВт.

Визначаємо $N_{\text{під}}$ за формулою:

$$N_{\text{під}} = \frac{M \cdot g \cdot R \cdot (1 - \cos \psi) \cdot \omega}{1000 \cdot \psi} \quad (6.34)$$

де R_0 – радіус центра ваги насипу продукту в барабані, м. Товщина шару 10ижимом в барабані $H = 0,87\text{м}$. Тоді $R_0 = H/2 = 0,435\text{м}$.

ψ – кут природного відкосу 10ижимом, рад; $\psi = 48^\circ = 0,838\text{рад}$ [14 табл.1].

Тоді

$$N_{\text{під}} = \frac{10084 \cdot 9,81 \cdot 0,435 \cdot (1 - \cos 0,838) \cdot 0,628}{1000 \cdot 0,838} = 3,44\text{кВт}$$

Визначаємо $N_{\text{зміш}}$ за формулою з:

$$N_{\text{зміш}} = M \cdot g \cdot R \cdot \sin \psi \cdot \omega \cdot 10^{-3} = 10084 \cdot 9,81 \cdot 0,435 \cdot \sin 0,838 \cdot 0,628 \cdot 10^{-3} = 0,39\text{кВт} \quad (6.35)$$

Тоді

$$N_3 = N_{\text{під}} + N_{\text{зміш}} = 3,44 + 0,39 = 3,835\text{кВт} \quad (6.36)$$

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії приводу за формулою:

$$\eta = \eta_{\text{ф}}^2 \cdot \eta_{\text{п}}^2 \cdot \eta_{\text{м}}^4 \cdot \eta_{\text{р}}, \quad (6.37)$$

де $\eta_{\text{ф}}$ – ККД зубчатої передачі $\eta_{\text{ф}} = 0,94$.

$\eta_{\text{п}}$ – ККД підшипників $\eta_{\text{п}} = 0,994$.

$\eta_{\text{м}}$ – ККД муфти компенсуючої $\eta_{\text{м}} = 0,992$.

$\eta_{\text{р}}$ – ККД редуктора. Для трьохступінчатого редуктора $\eta_{\text{р}} = 0,97$.

Підставляючи дані отримаємо:

$$\eta = 0,94^2 \cdot 0,994^2 \cdot 0,992^4 \cdot 0,97 = 0,82$$

$$N = \frac{0,623 \cdot 1,49 \cdot 19,58 \cdot 3,835}{0,82} = 27,54\text{кВт}$$

По каталогу підбираємо асинхронний трифазний двигун типу 5A200L6 для якого:

$$N_{\text{д}} = 30\text{кВт}; n_{\text{д}} = 978\text{об/10в.}$$

6.6. Кінематичний розрахунок

Визначаємо загальне передаточне число приводу

$$U = \frac{n_d}{n} = \frac{978}{2,85} = 340 \quad (6.38)$$

Визначаємо передаточне число зубчатої передачі

$$U_z = \frac{D_6}{D_k} = \frac{4,3}{0,7} = 7,8 \quad (6.39)$$

Визначаємо передаточне число редуктора

$$U_{ред} = \frac{U}{U_z} = \frac{340}{7,8} = 43,5 \quad (6.40)$$

По каталогу приймаємо циліндричний трьохступінчатий редуктор 1ЦЗУ-335 з передаточним числом $U_p=50$ і номінальним крутним моментом на вихідному валу $T_{ном}=14000 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

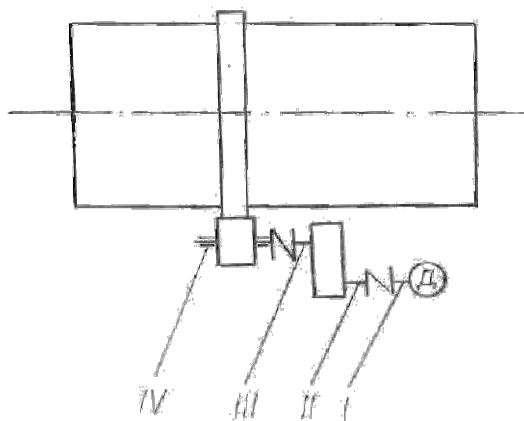


Рис.6.3. Кінематична схема приводу барабана

Визначаємо потужність на окремих валах приводу (рис 6.3.):

$$1. N_1 = N = 27,54 \text{ кВт};$$

$$2. N_2 = N_1 \cdot \eta_m = 27,54 \cdot 0,992 = 27,32 \text{ кВт};$$

$$3. N_3 = N_2 \cdot \eta_p = 27,32 \cdot 0,97 = 25,134 \text{ кВт};$$

$$4. N_4 = N_3 \cdot \eta_m = 25,134 \cdot 0,992 = 24,932 \text{ кВт};$$

$$5. N_6 = N_4 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_n^2 = 24,932 \cdot 0,94^2 \cdot 0,994^2 = 21,767 \text{ кВт};$$

Визначаємо частоту обертання валів приводу:

$$1. n_1 = n_0 = 978 \text{ об/хв};$$

$$2. n_2 = n_1 = 978 \text{ об/хв};$$

$$3. n_3 = \frac{n_2}{U_p} = \frac{978}{50} = 19,46 \text{ об/хв};$$

$$4. n_4 = n_5 = 19,46 \text{ об/хв};$$

$$5. n_6 = \frac{n_5}{U_3} = \frac{19,46}{7,8} = 2,49 \text{ об/хв};$$

Визначаємо кутові швидкості валів:

$$1. \omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 978}{30} = 102,364 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$2. \omega_2 = \omega_1 = 102,364 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$3. \omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 19,46}{30} = 2,03 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$4. \omega_4 = \omega_3 = 2,03 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$5. \omega_6 = \frac{\pi \cdot n_6}{30} = \frac{3,14 \cdot 2,49}{30} = 0,26 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

Визначаємо крутні моменти на валах:

$$1. T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{27,54 \cdot 10^3}{102,364} = 269,039 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$2. T_2 = T_1 \cdot \eta_m = 269,039 \cdot 0,992 = 266,88 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$3. T_3 = T_2 \cdot U_p \cdot \eta_p = 266,88 \cdot 50 \cdot 0,97 = 12943,68 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$4. T_4 = T_3 \cdot \eta_m = 12943,68 \cdot 0,992 = 12840,13 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$5. T_6 = T_4 \cdot U_\phi \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_n^2 = 12840,13 \cdot 7,8 \cdot 0,94^2 \cdot 0,994^2 = 71329,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.3.

№ валу	N, кВт	n, об/хв	$\omega, \text{с}^{-1}$	T, Н·м	U
I	27,54	978	102,364	269,039	-
II	27,32	978	102,364	266,88	50
III	25,134	19,46	2,03	12943,68	
IV	24,932	19,46	2,03	12840,13	7,8

Бар.	21,767	2,49	0,26	71329,4	
------	--------	------	------	---------	--

Таблиця 6.3

6.7. Розрахунок зубчатої передачі

6. Розрахунок зубів на витривалість при згині. Обчислюємо модуль зачеплення

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot T_{F1} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot \cos^2 \beta}{z_1^2 \cdot \psi_d \cdot [\sigma_{F1}]} \cdot Y_{F1} \cdot Y_{\beta}} \quad (6.41)$$

Попередньо визначаємо величини, необхідні для розрахунку. Номінальний крутний момент на шестерні

$$T_{F1} = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{N_4}{n_4} = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{24,932}{19,46} = 12235 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (6.42)$$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами, $K_{F\alpha} = 1,0$. Коефіцієнт ширини зубчастого вінця при консольному розташуванні шестірни $\psi_{dmax} = 0,7$. Відповідно:

$$\psi_d = (0,7 \dots 0,9) \psi_{dmax} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49$$

приймаємо $\psi_d = 0,5$.

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця при консольному розташуванні зубчастого колеса на роликівих опорах, $K_{F\beta} = 1,35$.

Орієнтована колова швидкість коліс

$$v = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_{14} \cdot n_4^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{24,932 \cdot 19,46} = 0,22 \text{ м/с} \quad (6.43)$$

При даній швидкості $v = 0,22$ м/с необхідний ступінь точності передачі 9-я.

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, $K_{F0} = 1,013$ (визначається інтерполяцією). Число зубів шестірни (див. рекомендацію для прямозубих коліс на с. 58) $z_1 = 27$. Число зубів колеса $z_2 = z_1 \cdot U = 27 \cdot 7,8 = 172$.

Коефіцієнти форми зуба для шестірни і колеса відповідно $Y_{F1} = 4,25$; $Y_{F2} = 3,6$.

Коефіцієнт, що враховує вплив нахилу зуба на напружений стан зубів прямозубих коліс

[див. с. 77], $Y_{\beta} = 1$. Визначаємо відношення $\frac{Y_F}{[\sigma_F]}$:

для зуба шестірни

$$\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{4,25}{116} = 0,0366; \quad (6.44)$$

для зуба колеса

$$\frac{Y_{F2}}{[\sigma_{F2}]} = \frac{3.6}{127} = 0,0283; \quad (6.45)$$

З двох коліс зубчатої пари більш слабким є те колесо, для якого $\frac{Y_F}{[\sigma_F]}$: більше, тому при

обчисленні модуля підставляємо відношення

$$\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{4,25}{116}$$

Модуль зачеплення:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 12235 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,013}{27 \cdot 0,5 \cdot 116} \cdot 4,25 \cdot 1,0} = 24,85 \text{ мм} \quad (6.46)$$

Отриманий модуль округляємо по стандарту, $m = 25$ мм.

Попередньо визначаємо величини, необхідні для розрахунку. Діаметр початкової окружності шестірни:

$$d_{\omega 1} = m \cdot z_1 = 25 \cdot 27 = 700 \text{ мм.}$$

$$D_{\omega 2} = m \cdot z_2 = 25 \cdot 172 = 4300 \text{ мм.}$$

Визначимо колову силу на зубчатому колесі:

$$F_t = \frac{T_4}{D_k} = \frac{12840}{0,7} = 16050 \text{ Н} \quad (6.47)$$

7. Перевірочний розрахунок зубів на міцність при згині максимальним навантаженням.

Розрахункова напруга згину від максимального навантаження

$$\sigma_{FM} = \sigma_F \cdot \frac{T_M}{T_1} \leq [\sigma_{FM}] \quad (6.48)$$

Обчислюємо напругу згину в зубах шестерні:

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \cdot Y_{\beta} \cdot \frac{W_{F1}}{m} = 4,25 \cdot 1,0 \cdot \frac{165}{25} = 28 \text{ МПа} \leq [\sigma_{F1}] = 116 \text{ МПа} \quad (6.49)$$

Де питоме розрахункове навантаження

$$W_{F1} = \frac{2 \cdot T_{F1}}{d_{\omega 1} \cdot b_{\omega}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 12235 \cdot 10^3}{800 \cdot 350} \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,013 = 165 \text{ МПа} \quad (6.50)$$

Тут ширина зубчатого вінця $b_{\omega} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0,5 \cdot 700 = 350$ мм, приймаємо $b_{\omega} = 350$ мм. Інші величини визначені при розрахунку модуля зачеплення. Напруги згину в зубцях колеса:

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \cdot \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 28 \cdot \frac{3,6}{4,25} = 23,7 \text{ МПа} \leq [\sigma_{F2}] = 127 \text{ МПа} \quad (6.51)$$

Напруги згину від максимального навантаження в зубах шестірни:

$$\sigma_{FM1} = 28 \cdot 2 = 56 \text{ МПа} \leq [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа}$$

у зубах колеса

$$\sigma_{FM2} = 23,7 \cdot 2 = 47,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_{FM2}] = 311 \text{ МПа}$$

де $\frac{T_m}{T_1} = 2$ задано у вихідних даних розрахунку.

Умова міцності виконується.

Міжосьова відстань

$$a_w = 0,5 \cdot m \cdot (z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 25 \cdot (27 + 135) = 2025 \text{ мм} \quad (6.52)$$

9. Приймаємо остаточно параметри передачі: $m = 25$ мм; $z_1 = 27$; $z_2 = 210$; $d_{w1} = 700$ мм; $d_{w2} = 4300$ мм; $b_w = 350$ мм.

6.8. Розрахунок валу

З розрахунку зубчатої передачі на вал діють сили:

$$\text{колова } F_t = 16050H$$

$$\text{радіальна } F_r = P = 206966.8H$$

З кінематичних розрахунків на вал діє крутний момент $T_s = 16179H \cdot m$.

Визначаємо опорні реакції в вертикальній площині (рис.6.3.)

$$\sum M_A = 0; -F_r \cdot a_1 + R_{By} \cdot (a_1 + a_2) = 0 \quad (6.53)$$

$$R_{By} = \frac{F_r \cdot a_1}{a_1 + a_2} = \frac{206966,8 \cdot 0,25}{0,25 + 0,25} = 103483,4H$$

$$\sum M_B = 0; F_r \cdot a_2 - R_{Ay} \cdot (a_1 + a_2) = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{F_r \cdot a_2}{a_1 + a_2} = \frac{206966,8 \cdot 0,25}{0,25 + 0,25} = 103483,4H$$

$$\text{Перевірка : } \sum F_y = R_{Ay} - F_r + R_{By} = 103483,4 - 206966,8 + 103483,4 = 0$$

Визначаємо опорні реакції в горизонтальній площині

$$\sum M_A = 0; -F_t \cdot a_1 + R_{BZ} \cdot (a_1 + a_2) = 0 \quad (6.54)$$

$$R_{BZ} = \frac{F_t \cdot a_1}{a_1 + a_2} = \frac{16050 \cdot 0,25}{0,25 + 0,25} = 8025H$$

$$\sum M_B = 0; -F_t \cdot a_2 + R_{AZ} \cdot (a_1 + a_2) = 0$$

$$R_{AZ} = \frac{F_t \cdot a_2}{a_1 + a_2} = \frac{16050 \cdot 0,25}{0,25 + 0,25} = 8025H$$

$$\text{Перевірка : } \sum F_z = -R_{AZ} + F_t - R_{BZ} = -8025 + 16050 - 8025 = 0$$

Визначаємо згинальні моменти в вертикальній площині:

$$M_A = 0;$$

$$M_C = R_{Ay} \cdot a_1 = 103483,4 \cdot 0,25 = 25870.85H \cdot m;$$

$$M_B = R_{Ay} \cdot (a_1 + a_2) - F_r \cdot a_2 = 103483,4 \cdot (0,25 + 0,25) - 206966.8 \cdot 0,25 = 0H \cdot m; \quad (6.55)$$

Визначаємо згинальні моменти в горизонтальній площині:

$$M_A = 0;$$

$$M_C = -R_{AZ} \cdot a_1 = -8025 \cdot 0,25 = 2006,25H \cdot m;$$

$$M_B = -R_{AZ} \cdot (a_1 + a_2) + F_t \cdot a_2 = -8025 \cdot (0,25 + 0,25) + 16050 \cdot 0,25 = 0 \text{ H} \cdot \text{м}; \quad (6.56)$$

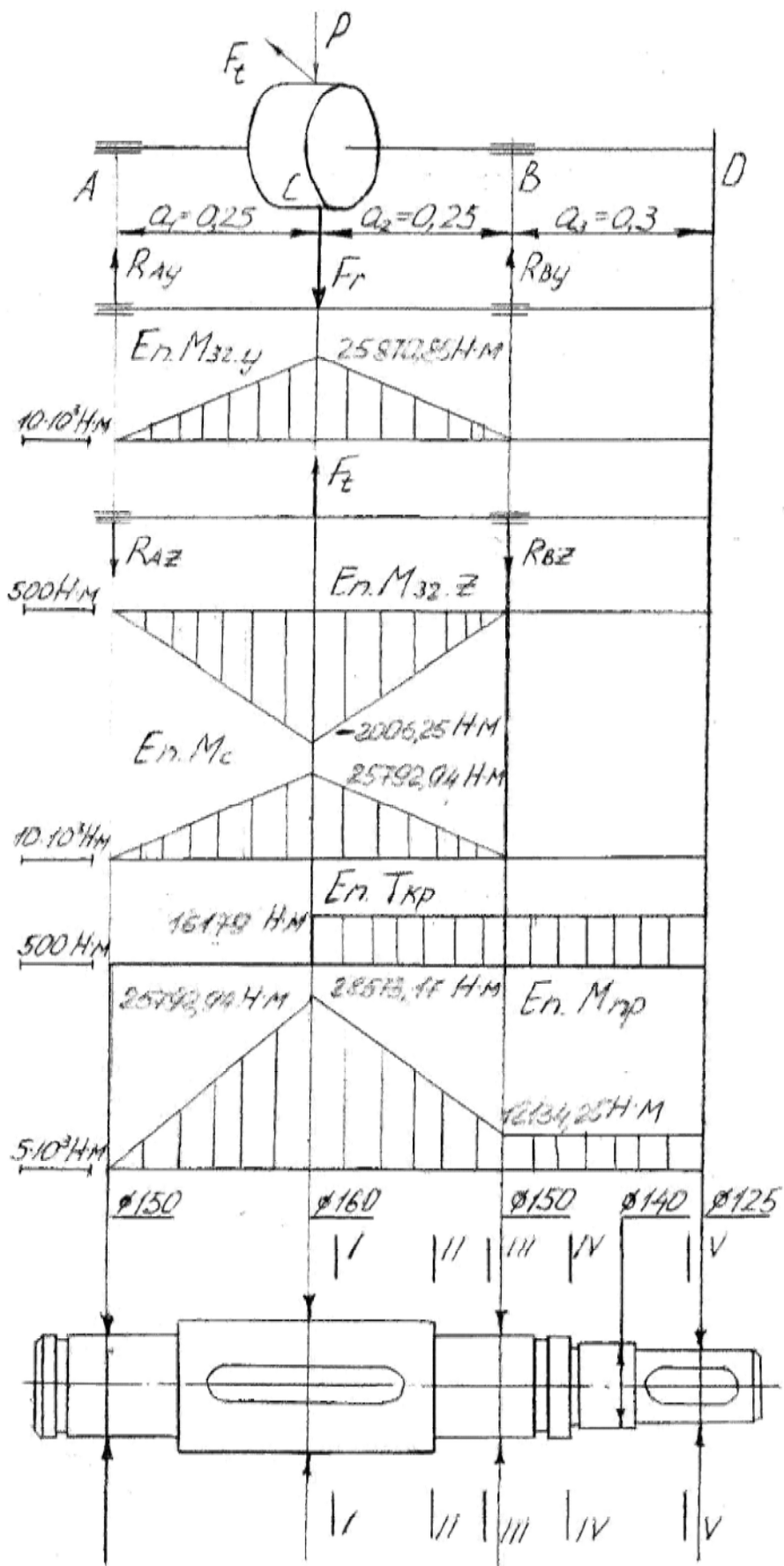


Рис.6.4. Епюри згинальних і крутних моментів та ескіз валу.

Будуємо епюру сумарних згинаючих моментів:

$$M^A_C = M^B_C = 0;$$

$$M^C_C = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = \sqrt{25870.85^2 + (-2006.25)^2} = 25792.94 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (6.57)$$

Будуємо епюру приведених згинаючих моментів

$$M_{np} = \sqrt{M^C_C + (\alpha \cdot T_4)^2}, \quad (6.58)$$

де α – коефіцієнт, що враховує співвідношення допустимих напруг матеріалу валу для симетричного і від нульового циклу навантаження. Для нереверсивних валів приймаємо $\alpha = 0,75$.

Тоді

$$\dot{i}_{i\theta}^A = 0;$$

$$\dot{i}_{i\theta}^{\hat{N}} = 25792,94 \dot{i} \cdot i;$$

$$\dot{i}_{i\theta}^{\hat{N}} = \sqrt{2579294^2 + (0,75 \cdot 16179)^2} = 28575,17 \dot{i} \cdot i;$$

$$M_{np}^B = M_{np}^D = \sqrt{(0,75 \cdot 16179)^2} = 12134,25 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо діаметр валу в характерних точках, згідно з [11], за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}}; \quad (6.59)$$

Для виготовлення валу приймаємо Сталь 45 для якої допустиме знаковміне напруження $[\sigma_{-1}] = 65 \text{ МПа}$

Точка А. Приймаємо $d_A = 150 \text{ мм}$.

$$\text{Точка С: } d = \sqrt[3]{\frac{28575,17 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 65}} = 159,3 \text{ мм. Приймаємо } d_C = 160 \text{ мм.}$$

$$\text{Точка В і D: } d = \sqrt[3]{\frac{12134,25 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 65}} = 123,13 \text{ мм. Приймаємо } d_B = 150 \text{ мм,}$$

$$d_D = 125 \text{ мм.}$$

По вказаним діаметрам будуємо ескіз валу (рис.6.3.)

Приймаємо матеріал валу Сталь 45 ГОСТ 1050-74 з такими характеристиками:

тимчасовий опір розриву

$$\sigma_B = 610 \text{ МПа}$$

межа витривалості при симетричному циклі напружень згину $\sigma_{-1} = 270 \text{ МПа}$

межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення $\tau_{-1} = 150 \text{ МПа}$

Коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень відповідно при згині і при крученні:

$$\psi_{\sigma} = 0,1; \psi_{\tau} = 0,05$$

Перевіряємо запас міцності по межах витривалості в небезпечних перерізах (рис.6.3.)

I-I – вал послаблюється шпонковою канавкою $b \times t_1 = 32 \times 11$ мм; $d = 160$ мм.

Загальний коефіцієнт запасу міцності, згідно з [11], визначається по формулі:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \leq [n], \quad (6.60)$$

де n_{σ} – коефіцієнт запасу міцності по нормальним напругам;

n_{τ} – коефіцієнт запасу міцності по дотичним напругам;

$[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності. Приймаємо $[n] = 2$.

Визначаємо n_{σ} і n_{τ} , відповідно до [11], за формулами:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}; \quad (6.61)$$

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}; \quad (6.62)$$

де $K_{\sigma D}$ і $K_{\tau D}$ – ефективні коефіцієнти концентрації напруг;

σ_a і τ_a – амплітуди циклів нормальних і дотичних напруг, МПа.

Коефіцієнти $K_{\sigma D}$ і $K_{\tau D}$, згідно з [11], визначаються за формулами:

$$K_{\sigma D} = \frac{K_{\sigma} + K_{\sigma}^n - 1}{\varepsilon_{\sigma}}; \quad K_{\tau D} = \frac{K_{\tau} + K_{\tau}^n - 1}{\varepsilon_{\tau}}; \quad (6.63) \quad (6.64)$$

де K_{σ} і K_{τ} – ефективні коефіцієнти концентрації напруг;

K_{σ}^n і K_{τ}^n – коефіцієнти стану поверхні;

ε_{σ} і ε_{τ} – масштабні коефіцієнти.

Згідно з [11 табл.5.12], приймаємо $K_{\sigma} = 1,76$, $K_{\tau} = 1,56$ – для сталі з $\sigma_B = 610$ МПа.

Згідно з [11 табл.5.14], приймаємо $K_{\sigma}^n = K_{\tau}^n = 1,08$ – при $R_a = 2,5$ мкм і $\sigma_B = 610$ МПа.

$\varepsilon_{\sigma} = 0,58$; $\varepsilon_{\tau} = 0,48$ при $d = 160$ мм [11 табл.5.16].

Тоді

$$K_{\sigma D} = \frac{1,76 + 1,08 - 1}{0,58} = 3,17; \quad K_{\tau D} = \frac{1,55 + 1,08 - 1}{0,48} = 3,4;$$

Напруження згину в валах змінюється по симетричному знакозмінному циклі, тому $\sigma_a = \sigma$, $\sigma_m = 0$.

Напруження кручення при нерівномірній передачі змінюється по пульсуючому від нульовому циклі:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} \quad (6.65)$$

Напруження згину і кручення визначається за формулами:

$$\sigma = \frac{M_c}{W_0}; \tau = \frac{T}{W_p}, \quad (6.66) \quad (6.67)$$

де W_0 і W_p – осьовий і полярний момент опору переріза вала, мм^3 .

$$W_0 = 0,1 \cdot d^3 - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2 \cdot d}; W_p = 0,2 \cdot d^3 - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2 \cdot d}; \quad (6.68) \quad (6.69)$$

де b – ширина шпонкового паза, мм. Для вала з $d = 160\text{мм}$ – $b = 32\text{мм}$.

t_1 – глибина шпонкового паза, мм. Для вала з $d = 160\text{мм}$ – $t_1 = 11\text{мм}$.

Тоді:

$$W_0 = 0,1 \cdot 160^3 - \frac{32 \cdot 11 \cdot (160 - 11)^2}{2 \cdot 160} = 385178,9 \text{мм}^3;$$

$$W_p = 0,2 \cdot 160^3 - \frac{32 \cdot 11 \cdot (160 - 11)^2}{2 \cdot 160} = 794778,9 \text{мм}^3;$$

$$\sigma_a = \frac{25792,94 \cdot 10^3}{385178,9} = 36,52 \text{МПа}$$

$$\tau = \frac{16179 \cdot 10^3}{794448,9} = 5,06 \text{МПа}; \tau_a = \tau_m = \frac{5,06}{2} = 2,53 \text{МПа}$$

Визначаємо коефіцієнти запасу міцності по нормальним і дотичним напруженням та загальний коефіцієнт запасу міцності:

$$n_\sigma = \frac{270}{3,17 \cdot 36,52 + 0,1 \cdot 0} = 2,33$$

$$n_\tau = \frac{150}{3,4 \cdot 2,53 + 0,05 \cdot 0,53} = 17,19$$

$$n = \frac{2,33 \cdot 17,19}{\sqrt{2,33^2 + 17,19^2}} = 2,3 \geq n = 2$$

$II - II$ вал послаблюється гантеллю на переході з $d_1 = 150\text{мм}$ до $d_2 = 160\text{мм}$, радіус переходу $r = 2\text{мм}$.

Визначаємо відношення $\frac{h}{r} = \frac{5}{2} = 2,5$; $\frac{r}{d_1} = \frac{2}{150} = 0,013$ і по [11], приймаємо $K_\sigma = 1,77$,

$K_\tau = 1,51$.

Згідно з [11], $\varepsilon_\sigma = 0,58$, $\varepsilon_\tau = 0,48$, $K^n_\sigma = K^n_\tau = 1,08$.

Тоді

$$K_{\sigma D} = \frac{1,77 + 1,08 - 1}{0,58} = 3,19; K_{\tau D} = \frac{1,51 + 1,08 - 1}{0,48} = 3,31.$$

Визначаємо σ_a, τ_a, τ_m :

$$\sigma_a = \frac{M_C}{0,1 \cdot d_1^3} = \frac{25792,94 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 150^3} = 29,63 \text{ МПа}; \quad (6.70)$$

$$\tau = \frac{T}{0,2 \cdot d^3} = \frac{16179 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 150^3} = 5,96 \text{ МПа}; \quad (6.71)$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{5,96}{2} = 2,98 \text{ МПа}$$

Тоді

$$n_\sigma = \frac{270}{3,19 \cdot 29,63 + 0} = 2,86$$

$$n_\tau = \frac{150}{3,31 \cdot 2,98 + 0,05 \cdot 2,98} = 14,98$$

$$n = \frac{2,86 \cdot 14,98}{\sqrt{2,86^2 + 14,98^2}} = 2,81 \geq n = 2$$

III – III вал послаблюється посадкою внутрішнього кільця підшипника.

Згідно з [11], для вала діаметром 150 мм і $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$ приймаємо $K_{\sigma D} = 3,68$, $K_{\tau D} = 2,64$.

Визначаємо σ_a, τ :

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_C}{W_0} = \frac{M_C}{0,1 \cdot d_1^3} = \frac{5792,94 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 150^3} = 14,82 \text{ МПа}; \quad (6.72)$$

Тоді коефіцієнт запасу міцності по нормальним напругам:

$$n_\sigma = \frac{270}{3,68 \cdot 14,82 + 0} = 4,95$$

Визначаємо напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{T}{0,2 \cdot d^3} = \frac{16179 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 150^3} = 5,96 \text{ МПа}; \quad \tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{5,96}{2} = 2,98 \text{ МПа} \quad (6.73)$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності по дотичним напругам та загальний коефіцієнт запасу міцності:

$$n_\tau = \frac{150}{2,64 \cdot 2,98 + 0,05 \cdot 2,98} = 18,71$$

$$n = \frac{4,95 \cdot 18,71}{\sqrt{4,95^2 + 18,71^2}} = 4,79 \geq n = 2$$

IV – IV вал послаблюється проточкою під пружинне кільце. Діаметр вала $d=150\text{мм}$. Діаметр проточки $d_1 = 139\text{мм}$. Глибина проточки $h=0,5\text{мм}$. Радіус округлення $r= 2\text{мм}$.

У цьому перерізі на вал діє лише крутний момент.

Згідно з [11], визначаємо співвідношення $\frac{h}{r} = \frac{5,5}{2} = 2,75; \frac{r}{d_1} = \frac{2}{139} = 0,014$ і приймаємо

$$K_\tau = 1,57.$$

При $d=150\text{мм}$ - $\varepsilon_\tau = 0,5$

При $R_a = 6,3\text{мкм}$ - $K_\tau^n = 1,23$

Тоді:

$$K_{\sigma D} = \frac{1,57 + 1,23 - 1}{0,5} = 3,6;$$

$$\tau = \frac{T}{0,2 \cdot d_1^3} = \frac{16179 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 139^3} = 7,5\text{МПа}; \tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75\text{МПа}$$

$$n_\tau = \frac{150}{3,6 \cdot 3,75 + 0,05 \cdot 37,5} = 10,96 \geq [n] = 2.$$

V-V – вал послаблюється шпонковою канавкою $b \times t_1 = 32 \times 11\text{мм}$; $d=125\text{мм}$. У цьому перерізі на вал діє лише крутний момент. Згідно з [11], приймаємо $K_\tau = 1,56$, $K_\tau^n = 1,08$ - [11], $\varepsilon_\tau = 0,55$ - [11].

$$K_{\sigma D} = \frac{1,56 + 1,08 - 1}{0,55} = 3.$$

$$W_p = 0,2 \cdot 125^3 - \frac{32 \cdot 11 \cdot (125 - 11)^2}{2 \cdot 125} = 372326,6\text{мм}^3;$$

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{16179 \cdot 10^3}{372326,6} = 10,8\text{МПа}; \tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{10,8}{2} = 5,4\text{МПа}$$

$$n_\tau = \frac{150}{3 \cdot 5,4 + 0,05 \cdot 5,4} = 9,1 \geq [n] = 2.$$

В усіх небезпечних перерізах вала умова витривалості виконується, отже вал має необхідну робочу міцність та жорсткість.

6.9. Підбір підшипників

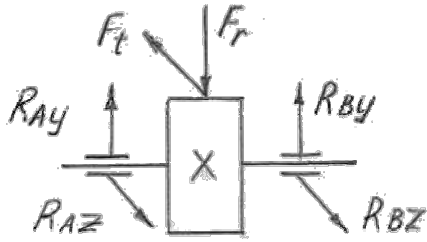


Рис.6.5. Схема навантаження опор вала

Реакції в опорах становлять:

$$R_y = R_{Ay} = R_{By} = 103483,4 \text{ Н}; R_z = R_{Az} = R_{Bz} = 8025 \text{ Н.} \quad (6.74)$$

На підшипники діють лише радіальні зусилля (рис.5.4.), тому для опор вала приймаємо роликові двохрядні сферичні підшипники.

Визначаємо розрахункове еквівалентне навантаження, згідно з [11], по формулі:

$$P_{екв} = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_b \cdot K_m, \quad (6.75)$$

де X і Y – коефіцієнти відповідно радіального та осьового навантаження. При дії на опору лише радіальних зусиль приймаємо $X=1$; $Y=0$.

V – коефіцієнт обертання. $V=1$ – обертається внутрішнє кільце.

K_b – коефіцієнт безпеки. Приймаємо $K_b=1,5$ – при можливих перевантаженнях до 150% номінального навантаження [11 табл.6.3] та помірних поштовхах.

K_T – температурний коефіцієнт. $K_T=1$ – робоча температура менше 100°C .

F_a – осьве зусилля, Н. $F_a = 0$

F_r – радіальне навантаження на підшипник, Н.

$$F_r = R = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{103483,4^2 + 8025^2} = 103794,09 \text{ Н} \quad (6.76)$$

Підставляючи дані отримаємо:

$$P_{екв} = (1 \cdot 1 \cdot 103794,09 + 0) \cdot 1,5 \cdot 1 = 155691,13 \text{ Н}$$

Визначаємо необхідну довговічність підшипників (в 24лн..об), за формулою:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot t_{екв}}{10^6}, \quad (6.78)$$

де n – частота обертання вала, об/хв. $n = 19,46 \text{ об/24в.}$

$T_{екв}$ еквівалентний час роботи підшипників, год.

Визначаємо $t_{екв}$ за формулою:

$$t_{екв} = S \cdot z \cdot i \cdot K \quad (6.79)$$

де S – кількість років експлуатації сушильної установки, роки. Приймаємо $S=7$ років.

Z – кількість днів сушарки на рік, дні. Оптимальний період роботи заводу $z = 100$ днів.

I – тривалість роботи на добу, год. Приймаємо $i=24$ год.

K – коефіцієнт використання за добу. Приймаємо $K=0,9$

Тоді:

$$t_{екв} = 7 \cdot 100 \cdot 24 \cdot 0,9 = 15120 год$$

$$L = \frac{60 \cdot 19,46 \cdot 15120}{10^6} = 17,65 \text{ млн.об.}$$

Визначаємо необхідну динамічну вантажопід'ємність підшипників за формулою:

$$C_p = P_{екв} \sqrt[\delta]{L}, \quad (6.80)$$

де δ – показник степеня. Для роликів підшипників $\delta = \frac{10}{3}$.

Тоді:

$$C_p = 155691,13 \sqrt[\frac{10}{3}]{17,65} = 368372,49 \text{ Н}$$

По каталогу приймаємо підшипники легкої широкої серії марки 3530 ГОСТ 5721-75 з динамічною вантажопід'ємністю $C=640000$ Н, статичною вантажопід'ємністю $C_0 = 530000$ Н.

Основні розміри підшипника подані на рис.5.6.

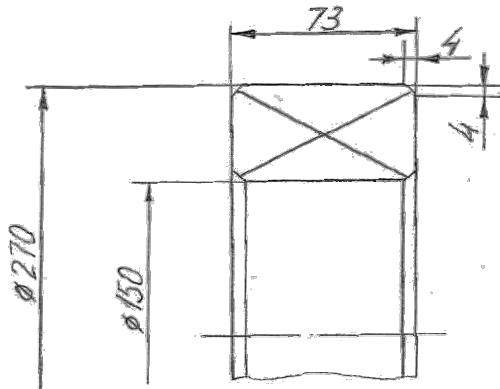


Рис.5.6. Габаритні розміри підшипника 3530

6.10. Підбір допоміжних елементів

Підбір устаткування для уловлення пилу (циклона)

Опір циклона, коефіцієнт

$$\xi=60$$

Опір гідравлічний циклона

$$\Delta P_{\text{ц}}=700\text{Па}$$

$$\rho_{\text{ц}}=1.11$$

Швидкість відпрацьованого повітря в циклоні

$$V_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{\text{ц}}}{\xi \cdot \rho_{\text{ц}}}} = 0.145 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (6.81)$$

Значення діаметра циклона

$$K_{\text{ц}} = 0.785 \quad \rho_{\text{ц}} = 0.97$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{L}{K_{\text{ц}} \cdot V_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{ц}}}} = 3.88 \text{м} \quad (6.82)$$

Розрахунок калорифера для отримання теплоносія

Визначаємо теплове навантаження калорифера:

$$Q_k = L \cdot c_k \cdot (t_1 - t_0) = 280000 \text{кДж} \quad (6.83)$$

$$t_0=20^{\circ}\text{C}$$

$$t_1=300^{\circ}\text{C}$$

$$c_k = 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \quad (6.84)$$

$$L = 100 \frac{\text{кг}}{\text{хв}} = 1.6667 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \text{ витрати сухого повітря}$$

Переріз калорифера по повітрю при його ваговій швидкості

$$V_p' = 5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \quad (6.85)$$

$$f = \frac{L}{V_p'} = 0.334 \text{м}^2 \quad (6.86)$$

Приймаємо калорифер з параметрами

$$f = 0.3\text{м}^2 \quad F = 30\text{м}^2$$

Швидкість повітря вагова фактична

$$V_p = \frac{L}{f} = 5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \quad (6.87)$$

Значення коефіцієнта теплопередачі калорифера

$$k_1=23.86; k_2=0.474$$

$$k_k = k_1 * V_p^{k_2} = 51.2 \frac{\text{кДж}}{\text{год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.88)$$

Значення середньої температури повітря в калорифері

$$t_{cp} = \frac{t_0+t_1}{2} = 160^\circ\text{C} \quad (6.89)$$

Необхідна поверхня калорифера для нагріву

$$t' = 228.34^\circ\text{C} \quad \text{за } P = 0.5\text{МПа}$$

$$F_p = \frac{Q_k}{k_k * (t' - t_{cp})} = 80\text{м}^2 \quad (6.90)$$

Кількість калориферів

$$n' = \frac{F_p}{F} = 2.66667 \quad (6.91)$$

Приймаємо $n=3$

Площа поверхні нагрівання калорифера

$$F_{заг} = F * n = 90\text{м}^2 \quad F_{заг} = F * n = 90\text{м}^2 \quad (6.92)$$

Опір на проходження повітря через калорифер

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

$$\Delta P = k_1 * V_p^{k_2} = 6.76 \text{Па} \quad (6.93)$$

$$\Delta P_{з\text{аз}} = \Delta P * n = 20.28 \text{Па} \quad (6.94)$$

Розрахунок відцентрового вентилятора

$$\rho_{нов} = 1,293 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_0 = 20^\circ\text{C}$$

$$V_{хв} = \frac{L}{\rho_{нов}} = 77,34 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}} \quad (6.95)$$

Продуктивність відцентрового вентилятора

$$Q_в = V_{хв} = 77,34 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}} \quad (6.96)$$

Необхідний тиск вентилятора $H_в=1905$ Па

Потужність електродвигуна вентилятора

$\eta_в=0.6$ ККД відцентрового вентилятора

$\eta_n=0.98$ ККД передачі від двигуна до вентилятора

$$N = Q_в * H_в * \eta_в * \eta_n = 86.63 \text{кВт} \quad (6.97)$$

7. Технологічний маршрут виготовленої деталі

Розробка маршрутного технологічного процесу механічної обробки запропонованої деталі є основою всього курсового проекту. Від правильності та повноти розробки маршрутного технологічного процесу багато в чому залежить організація виробництва та подальші техніко-економічні розрахунки дипломного проекту.

У технологічній частині дипломного проекту необхідно дати аналіз та обґрунтування технологічного процесу, що розробляється.

Насамперед, необхідно виділити всі операції, в яких застосовується прогресивне верстатне обладнання, швидкодіючий пристрій, спеціальний різальний та вимірювальний інструмент.

Характер технологічного процесу у дипломному проекті визначається типом виробництва та особливими умовами проектування, зазначеними у завданні. Розробка технологічного процесу має бути заснована на використанні науково-технічних досягнень у всіх галузях промисловості та спрямована на підвищення технологічного рівня виробництва, якості продукції та продуктивності праці.

Для дрібносерійного виробництва технологічний процес слід розробляти за принципом групового методу обробки деталей, що дає можливість ефективно застосовувати на універсальному устаткуванні спеціалізоване високопродуктивне технологічне оснащення та підвищувати продуктивність праці.

У серійному виробництві слід проектувати технологічний процес, орієнтуючись використання змінно-поточних ліній, коли паралельно виготовляються партії деталей різних найменувань, що дозволяє використовувати переваги масового виробництва.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологічний маршрут виготовленої деталі		192007.KP.03.007 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

У масовому виробництві слід прагнути розробляти технологічний процес для безперервної потокової лінії з використанням високопродуктивних верстатів, спеціального технологічного оснащення та максимальної механізації та автоматизації виробництва.

Який би тип виробництва не застосовувався при розробці технологічного процесу в курсовому проекті, він повинен знаходитись на рівні передових досягнень науки та техніки (з урахуванням ДСТУ).

Розробляючи технологічний процес обробки деталей, необхідно виконати такі умови:

- намітити базові поверхні, які мають бути оброблені на самому початку процесу;
- виконати операції чорнової обробки, при яких знімають найбільші шари металу, що дозволяє відразу виявити дефекти заготовлі і звільнитися від внутрішніх напруг, що викликають деформації;
- обробити спочатку ті поверхні, які не знижують жорсткість деталі, що обробляється;
- першими слід обробляти такі поверхні, які не потребують високої точності та якості;
- необхідно враховувати доцільність концентрації (обробка в операції максимально можливої кількості поверхонь) або диференціації (розподіл операцій на простіші) операції;
- при виборі технологічних баз слід прагнути дотримання основних принципів базування – поєднання та сталості баз;
- необхідно враховувати, на яких стадіях технологічного процесу доцільно виконувати механічну обробку, гальванічні покриття, термічну обробку та інші методи обробки залежно від вимог креслення;
- оздоблювальні операції слід виносити до кінця технологічного процесу обробки, за винятком тих випадків, коли поверхні є базою для наступних операцій.

Під час розробки технологічних операцій необхідно особливу увагу приділити вибору баз забезпечення точності обробки деталей і виконання технічних вимог креслення.

При чорновій обробці як бази можна приймати поверхні, не підлягають обробці, і якщо деталі мають кілька необроблюваних поверхонь, то базу треба приймати ту їх, яка повинна мати найменше зміщення щодо своєї осі чи бути з найменшим припуском на обробку.

При виборі баз необхідно приймати поверхні, від яких дано розмір у кресленні, що визначає положення поверхні, що обробляється.

Бази повинні забезпечити відсутність неприпустимих деформацій деталі, а також простоту конструкції верстатного пристрою зі зручною установкою, кріпленням і зняттям оброблюваної деталі.

Технологічний процес механічної обробки повинен розроблятися відповідно до ДСТУ та задовольняти вимоги ГОСТ 14.301-83 «Загальні правила розробки технологічних процесів та вибору засобів технологічного оснащення». Широке поширення в машинобудуванні набули деталі типу валів - гладких і ступінчастих з різними перепадами діаметрів. В даний час розроблено типові технологічні процеси механічної обробки валів на основі різновиду їх у різних типах виробництва.

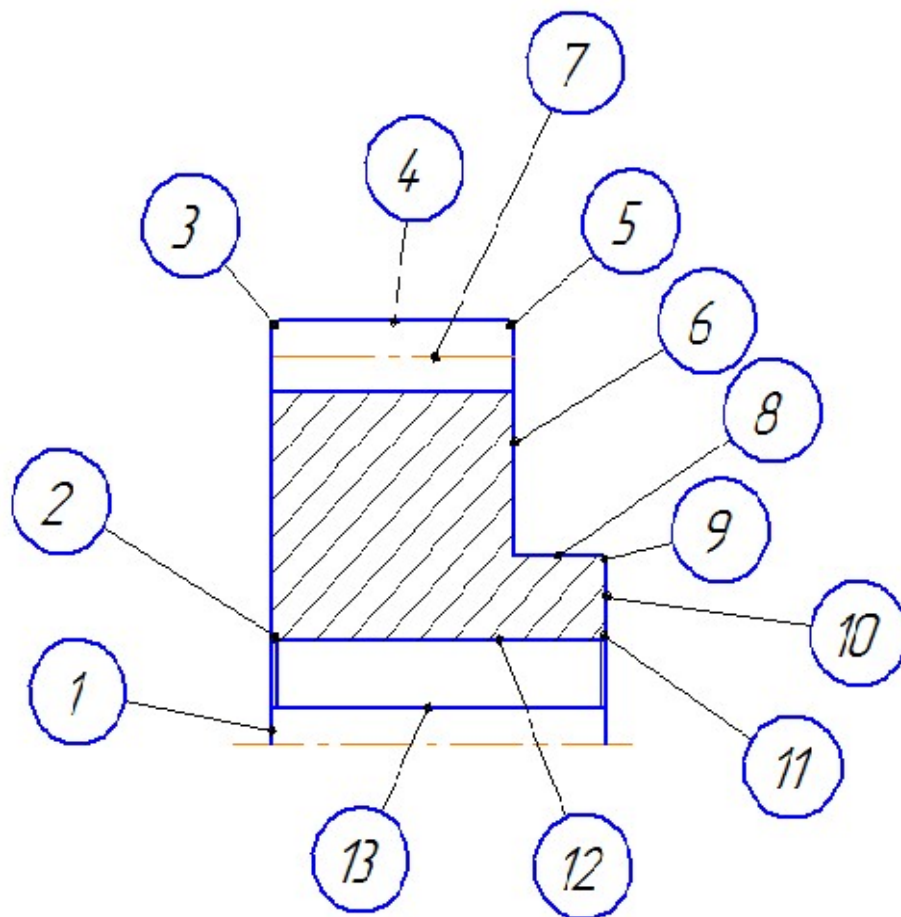
Окремі елементи операцій типового технологічного процесу можна використовувати в технологічному процесі, що розробляється.

Схема технологічного процесу виготовлення деталі класу "шестірня" представлена на рис. 5.1.

Технічні вимоги до заготовки:

1. НВ 345..360.
2. Клас точності кування - Т5 за ДСТУ 4737:2007.
3. Ступінь складності поковки С1.
4. Група сталі М2
5. Радіуси заокруглень зовнішніх кутів $R = 5$ мм.
6. Допуски на радіуси закруглення поковок $+3$ мм.
7. Штампувальні ухили 7° на зовнішній поверхні, 10° - на внутрішній.
8. Змішування, що допускається, по роз'єму штампу $1,2$ мм.
9. Допустима висота задирка по периметру зрізу 5 мм.
10. Допуск на радіальне биття поверхні А, Б та В щодо базової осі заготівлі трохи більше $1,2$ мм.
11. Інші технічні вимоги згідно з ДСТУ 9182:2022.

Нумерація поверхонь на робочому кресленні деталі:



Мал. 5.1. Ескіз деталі з урахуванням нумерації поверхонь, що обробляються.

7.1 Технологічний маршрут виготовлення деталі

Виготовлення деталі типу шестерня

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу.	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний
10	Заготівельна УЗЗ	
10.1	Штамповка	Сталь М2
20	Заготівельна УЗЗ	
20.2	Прошити отвір Ø35мм	
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, 3-кулачковий патрон, упор
30.1	Торцювати пов. 1	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6
30.2	Точити пов. 4 Ø200 на l=67мм	Різець прохідний упорний правий Т15К6
30.3	Розточити отвір Ø37 під Ø39h7 пов. 13	Різець прохідний для наскрізних отворів
30.4	Зенкерувати отвір під Ø39h7 пов. 13	Зенкер Ø38.75, Р6М5
30.5	Розвернути отвір під Ø39h7 пов. 13	Розвертка Ø38.93, Р6М5
30.6	Розвернути отвір під Ø39h7 пов. 13	Розвертка Ø39h7, Р6М5
30.7	Зняти фаску 1.5x45° пов. 3	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6
30.8	Зняти фаску 1.5x45° пов. 5	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6
40	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат, цанговий патрон, упор
40.1	Торцювати пов. 10 витримавши l=23 мм	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6
40.2	Точити пов. 8 Ø91	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6
40.3	Точити пов. 13	Різець прохідний прямий
40.4	Точити пов. 3	Різець прохідний прямий
40.5	Точити пов. 3 начисто	Різець прохідний прямий

40.6	Точити пов. 5	Різець прохідний прямий
50	Довбальна УЗЗ	Довбальний верстат, трикулачковий патрон, упор
50.1	Довбати шпонковий паз 10Js9	Довбач 10Js9 Р6М5
60	Зубофрезерувальна УЗЗ	Зубофрезерувальний верстат 5А326, трикулачковий патрон, упор
60.1	Фрезерування зубців $z=22(m=2.5)$	Черв'ячна фреза модульна R18

7.2 Розрахунок режиму різання

30.1 Торцювати поверхню $l=2$ мм

Приймаємо глибину різання $t=0.5$ мм.

Приймаємо подачу $S=0.4$ мм/об.

Швидкість різання $V=74$ м/хв.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * d} = \frac{74000}{3.14 * 200} = 118 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертів шпинделя $n_v=100$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя:

$$V_{\partial} = \frac{\pi * d * n_{\partial}}{1000} = \frac{3,14 * 200 * 100}{1000} = 63 \text{ м/хв}$$

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

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{49.5}{100 \cdot 0.4} = 1,23 \text{ хв}$$

Допоміжний час на вионання переходу

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

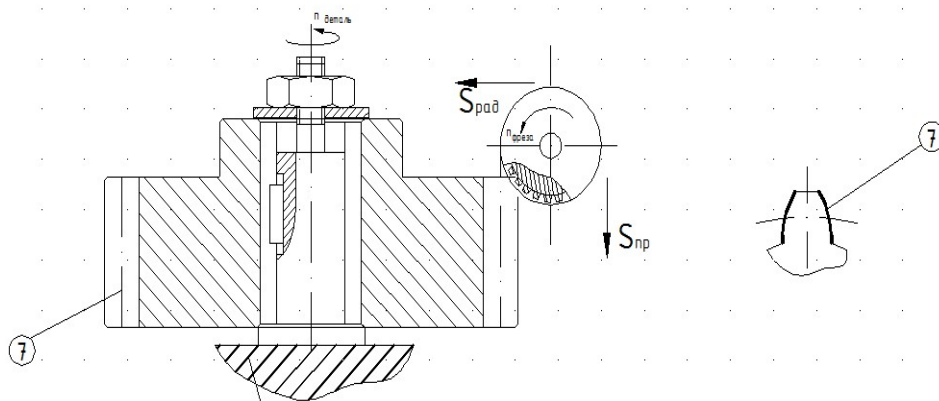
$t_1=0.1$ хв-допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування

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

Далі розробляємо операційний техпроцес для операції механічної обробки деталі.

Нижче наводиться ескіз та опис операцій:

060.1 зубофрезерувальна.



- 1.Встановити та закріпити деталь.
- 2.Фрезерувати 22 зуби відповідно до ескізу остаточно.
- 3.Зняти деталь.

Обладнання: верстат вертикально - зубофрезерувальний 5А326.

Пристосування: спеціальний пристрій.

Інструмент: черв'ячна фреза модульна R18.

Вимірювальні прилади: штангензубомір, крокомір.

8. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання.

8.1. Інструкція по транспортуванні і складанні

8.1.1. Сушильну установку необхідно перевозити в демонтованому вигляді, в наступній комплектації:

- барабан , в двох частинах;
- основа з біговими і фіксуючими роликами;
- основа з біговими роликами;
- основи з приводом;
- бігові кільця;
- зубчатий вінець;
- корпус досушувача (в демонтованому вигляді);
- досушувач (демонтований);
- ізоляційний кожух;
- серединний сегмент лопаток.

Всі компоненти і частини, вказані в переліку комплектації, позначені згідно креслення “Позначення”. Пакування і збереження від механічних пошкоджень і атмосферного впливу встановлюється заводом-виробником, згідно правил для експортних приладів з врахуванням засобів транспорту. [7]

8.1.2. У випадку необхідності складання сушки через деякий час, то для підготовки необхідного робочого місця потрібно:

- барабан, встановлений на підкладці і вигрузочну камеру, складати під кришку;
- привід під час складання залишити в транспортній упаковці і складати в місці, захищеному від атмосферного впливу.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Монтаж	192007.KP.03.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

8.2. Інструкція по монтажу

8.2.1. До початку монтажу необхідно зробити наступне: [7]

- констатувати комплектність поставки на основі перечня комплектності;
- перевірити, чи не виникло пошкодження окремих елементів під час перевезення (пошкодження необхідно усунути до початку монтажу);
- видалити змащення або лаки з поверхні, які були захищені під час транспортування;
- перевірити виконання фундаментів під основу бігових роликів, привід і корпус досушувача, згідно правилам для фундаментів.[6]

8.2.2. Послідовність монтажу:

- для сушки виконати гвинтове і зварне з'єднання двох частин барабана;
- встановити основу з біговими роликами на фундаменті;
- накласти бігові ролики на барабан;
- встановити барабан на ролики;
- змонтувати фіксуючі ролики і зубчастий вінець;
- встановити основу з приводом;
- змонтувати досушувач із з'ємними ножами;
- встановити і змонтувати розвантажувальну камеру;
- змонтувати ущільнення барабана зі сторони розвантажувальної камери і по стороні печі;
- виконати з'єднання вентилятора з розвантажувальною камерою;
- виконати з'єднання парової комунікації;
- поповнити маслом і змащенням всі точки, які необхідно змащувати;
- перевірити вручну шляхом обороту барабану правильність контакту зубчатого колеса з зубчатим вінцем і несучого колеса з біговими кільцями;

— підключити електроустановку і установку вимірювань.

8.2.3. Монтаж повинен забезпечувати горизонтальне положення барабана і співвісність барабана з отворами в печі і в корпусі досушувача.[7]

Необхідно звернути увагу на радіальне биття кінців барабана. На виході і вході воно не повинно перевищувати 10 мм. Радіальне і осьове биття зубчатого вінця не може перевищувати 3мм.

Зубці ведучого колеса і вінця зубчатого колеса повинні прилягати один до одного по всій довжині. Мінімальний зазор по зовнішньому діаметру не повинен бути менше 5мм, максимальний – не більше 8мм.

Після точної перевірки контакту зубчатого колеса з зубчатим вінцем і ведучих кілець з біговими кільцями потрібно змонтувати захист несучих коліс, а також захист зубчатого колеса з маслобаком. [6]

Після проби обертання барабана вручну провести випробовування обертання з допомогою електродвигуна. Спочатку при мінімальних обертах, перевіряючи напрямок обертання і правильність роботи всіх комплексів сушки. Після закінчення експлуатаційних випробувань усунути всі виявлені недоліки.

8.3. Інструкція по ремонту і зберіганню

Окремі пристрої, вузли та деталі пристроїв жомосушильної установки зношуються чи втрачають регулювань в різні періоди часу. В зв'язку з цим, на основі досліджень та практичного досвіду встановлена система планово – профілактичного технічного обслуговування та регулювання механізмів установки. [7] Системою ППР передбачені наступні види планово – профілактичного обслуговування:

- Щоденне обслуговування.
- I технічний огляд після перших 100 год. роботи.
- II технічний огляд після перших 400-500 год. роботи.
- III технічний огляд після перших 900-1100 год. роботи.

- Контрольний технічний огляд після кожних наступних 1000год. роботи.
- Посезонне обслуговування.

Технічне обслуговування жомосушильної установки охоплює: очистку; змащування пристроїв та механізмів; регулювання (усунення збільшених зазорів та дефектів в роботі окремих вузлів та механізмів); ремонтні роботи, які проводяться по мірі потреби.

8.3.1. Планові ремонти відбуваються в міжремонтний період.[7]

Після кожної компанії необхідно провести досконалий огляд, звернувши увагу на наступні елементи:

- підшипники бігових і опорних роликів;
- стан контактуючих поверхней бігових, опорних роликів і бігових кілець на барабані;
- стан зубців зубчатого колеса і взаємодіючого з нею зубчатого кільця;
- стан ущільнюючого кільця;
- стан двигуна і передачі;
- стан розвантажувального лотка.

У випадку необхідності усунути помічені недоліки.

Після проведення ремонту необхідно внести в книжку ремонтів всі елементи, які були замінені, а які відремонтовані і яким способом. [6]

Аварійні ремонти необхідно проводити негайно, як непланові ремонти.

8.3.2. Зберігання

Зберігання під час експлуатації складається з доповнення відповідними мастилами зміщуваних точок згідно приведеної інструкції мастила.

Зберігання в міжремонтний період захвачує:

- точне чищення ємності від залишків жому;

- забезпечення всіх оброблених деталей шаром густого мастила;
- наповнення підшипників свіжим мастилом;
- фарбування ємкості сушки вапняковим молоком.

8.3.3. Змащення

Відповідне мастило є необхідною умовою правильної експлуатації пристрою. Змащення проводять в наступних точках: зубчата передача, двигун, підшипник ковзання, підшипник кочення, зубчате колесо, прижимне ущільнення. [6]

— підшипники ковзання і кочення змащувати мастилом індустріальним, в міжремонтний період шляхом накладання змазки в підшипники;

— зубчате колесо машини маслом, масло обмінювати через один місяць.

— зубчату передачу згідно експлуатаційної документації передачі;

— електродвигун згідно експлуатаційної документації двигуна;

— ущільнення барабана з корпусом досушувача.

Змащувати сумішшю індустріального масла з графітом, у відношенні 2:1.

9.Опис системи управління

9.1 Опис системи

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 в сушарку розміщується датчик витрат продукту, що надходить на сушіння, для забезпечення відповідної продуктивності. Контроль максимальної та мінімальної висоти вижимок в сушарці контролює датчик рівня.

Ці датчики рівня забезпечують керування роботи секційного розвантажувального пристрою (дозатора). Електродвигун дозатора зупиняється при досягненні мінімальної висоти шару вижимок, а за максимальної 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.

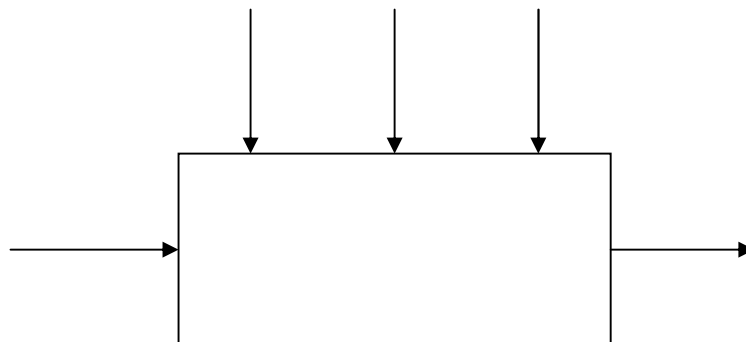
Кількість теплоносія до та після сушарки визначається витратомірами, що розміщені у трубопроводах на вході та виході із сушарки, що забезпечує визначення кількості вологи з продукту сушіння.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис системи управління	192007.KP.03.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Кнопка «Стоп» забезпечує зупинку сушарки у зворотному порядку від пуску, що здійснює оператор. Кнопка «Аварійна зупинка» дозволяє зупинити обладнання в екстрених випадках.

9.2. Завдання на розроблення схеми автоматизації

Для розробки схеми автоматизації необхідно скласти технологічну схему процесу сушіння вижимок.



$T_{д.г}$ – температура димових газів;

$T_{в.г}$ – температура вихідних газів;

$P_{к.з.}$ – тиск в камері змішування;

$M_{м.ж}$ – вологість мокрих вижимок;

$M_{с.ж.}$ – вологість сушених вижимок.

Сухі вижимки добре зберігаються і брикетуються, якщо вони висушені при дотриманні наступного технологічного регламенту:

Вологість сушених вижимок, % 8-10

Тиск в печі, кПа (кг/м^2) від -0,02 до -0,2
(від-2 до -20)

Температура повітря при вході у барабан, °С 300

Температура вихідного повітря, °С 110-140

Найбільш ефективною системою керування процесом сушіння вижимок є регулювання потужності калорифера при подачі повітря в барабан для сушіння сирих вижимок. За відсутності вологоміра непрямим показником є температура газу на виході з установки. Ця

температура характеризує кількість води, що міститься у вологих вижимках на вході в барабан і в сухих вижимках на виході з барабана.

Автоматизація сушіння за вологістю висушених вижимом ускладнена, навіть за наявності вологоміра, через високу інерційність об'єкта контролю, оскільки сушіння триває 30-40 хвилин. Тому, температура вихідного повітря є найбільш повною і своєчасною характеристикою процесу сушіння. Подача повітря для горіння палива і охолодження печі забезпечується системою регулювання співвідношення «теплоносій-повітря», з коефіцієнтом надлишку повітря 3-3,5.

9.3. Опис схеми автоматизації

Всі процеси обробки даних і управління, включаючи стабілізацію основної температури вихідного газу, виконуються в сушильній установці за допомогою мікропроцесорного контролера Schneider. Підпорядкованим параметром є втрати газу, які вимірюються стандартизованою діафрагмою (1а) і первинним перетворювачем тиску „Сапфір–22ДД“ (1е). Температура димових газів на виході з барабана вимірюється термоелектричним термометром ТХА–1449 (1в) і стандартизованим перетворювачем «Ш69000» (1д), і відображається на дисплеї контролера як параметр, який коригує коефіцієнт по масі і витрату палива в прямо порційній залежності ГДК обробляє дані, оптимізує витрату палива в заданих умовах експлуатації і впливає на витрату газу за допомогою виконавчого механізму МЕО-160/25-0,25К-68 (1ж) і регулюючого клапана. Крім того, в залежності від подачі сирих вижимок, МПК здійснює безступінчасте регулювання частоти обертання валу електродвигуна приводу барабана. Контролер налаштовується таким чином, щоб частота обертання барабана здійснювалась прямопропорційно подачі віджатих вижимок.

Відповідно до заданого контролером співвідношення витрати газу і первинного повітря, направляючий пристрій вентилятора регулює подачу повітря в топку. МПК порівнює дані отримані з витратомірів газу (1а, 1е) та повітря (2а, 2б) із необхідним співвідношенням витрат($\alpha=1,77$) і подає сигнал на привід направляючого пристрою МЕО-160/25-0,25К-68 (3в) подається сигнал. Витрата повітря вимірюється нестандартною прямокутною діафрагмою (2а) в комплекті з первинним перетворювачем тиску „Сапфір–22ДД“ (2б), відображається на дисплеї і записується. При регулюванні подачі первинного повітря МПК компенсує температуру газу в печі (якщо

температура піднімається вище 130°C) і збільшує подачу первинного повітря, щоб запобігти прогоранню футерівки.

Температура газу в камері згоряння вимірюється термопарою ТПР-0213 (3а) уніфікованим перетворювачем Ш69000 (3б) і відображається на дисплеї. Температура газу в камері змішування вимірюється термопарою ТПР-0213 (4а) з уніфікованим перетворювачем Ш69000 (4б), аналоговий сигнал надсилається на МПК, значення відображається на дисплеї і порівнюється з заданим значенням (890°C) і в залежності від наявної температури регулюється витрата повітря в камеру змішування за допомогою електроприводу МЕО-160/25-0,25К-68 (4в) регулює шляхом повороту направляючої вентилятора.

Розрідження в камері змішування сприймається первинним датчиком тиску „Сапфір–22ДХ“ (5а), перетворюється в електричний сигнал і передається на МПК, де він відображається, фіксується і порівнюється з заданим значенням. При відхиленні вакууму від заданого значення (80 Па) відповідний сигнал надходить на виконавчий механізм МЕО-400/25-0,25К-68 (5б) системи димососів, який змінює параметри газового потоку в камері змішування до оптимального значення.

Для контролю параметрів основних технічних зон сушильної установки в кожній зоні встановлені термопари з нормуючим перетворювачем Ш69000 (6б, 7б, 8б). Значення температури зчитуються термопарою ТРП-0213 (6а) в топці і термопарою ТХА-1449 в камері змішування і на виході з барабана (7а,8а) і відображаються на дисплеї МПК. Одночасно, при досягненні мінімальної і максимальної допустимих температур в основній зоні, на панелі управління загоряються сигнальні лампи HL1, HL3, HL5 і HL2, HL4, HL6 при відповідно. Первинний перетворювач тиску „Сапфір–22ДХ“ вимірює тиск у повітропроводі перед камерою згоряння (9а), повітропроводі

перед камерою змішування (10а), та розрідження у камері змішування (11а) і перед системою димовидалення (12а), надсилає електричний аналоговий сигнал на МПК і відображає результати вимірювань на дисплеї.

Сушильні установки повинні бути обладнані системою аварійного відключення та оповіщення. У разі виникнення аварійної ситуації спочатку перекривається подача газу до пальника. Для цього на газопроводі встановлюється електромагнітний клапан КМУ (13є), який управляється за допомогою МПК. Однією з основних причин аварійного відключення є відсутність або згасання полум'я, яке контролюється реле контролю полум'я типу РКФ (13а, 13в). При згасанні полум'я реле спрацьовує і подає сигнал на МПК, який одночасно закриває клапан 13є і вмикає світлову НЛ7 та звукову сигналізацію НА1.

Якщо сушарка експлуатується неправильно, вижимки в барабані можуть загорітися, Якщо вижимки загоряються, температура відпрацьованих газів на виході з барабана підвищується. Термопара ТХА-1449 (13б) в поєднанні з датчиком „Сапфір–22ДХ“ (13г) вимірює температуру димових газів на вході в димосос. Якщо температура газів у цій зоні надмірно підвищується (вище 150°C), то МПК закриває клапан 13є і за допомогою виконавчих механізмів (3в, 4в, 5б) повністю закриває направляючі апарати вентиляторів, що подають повітря в топку, камеру змішування і димосос, а також одночасно вмикає вентилятор і димосос. Одночасно барабан продовжує обертатися, і вологі вижимки подаються в центр барабана. При загоранні вижимок вмикається світлова НЛ8 та звукову сигналізація НА1.

Тиск газу в газопроводі та продуктів згорання в камері змішування сприймаються первинними перетворювачами тиску „Сапфір–22 ДХ“ (відповідно 13д та 13 е), які працюють для передачі аналогового

електричного сигналу на МПК. При зниженні тиску газу в газопроводі або розрідження в камері змішування нижче мінімального за вимогами технологічного процесу, відбувається миттєве відключення газу клапаном 13ε і спрацювання світлової HL9, HL10 та звукової HA1 сигналізації.

Для підбору мікропроцесорного контролера до даної сушильної установки, за допомогою схеми автоматизації визначаємо кількість аналогових і дискретних входів і виходів:

17 - аналогових входів (А.Вх)

5 - аналогових виходів (А.Вих)

1 - дискретних входів (Д.Вх)

12 - дискретних виходів (Д.Вих)

Керування процесом сушіння вижимом доцільно здійснювати контролером Schneider типу TSX3721101. Для того щоб перекрити вказану кількість входів-виходів в даному контролері використаємо наступні вхідні-вихідні модулі:

TSX DMZ 28DR — 16Д.Вх, 12Д.Вих

TSX AEZ 801 — 8А.Вх

TSX DSZ 08T2K — 8Д.Вих

TSX AEZ 801 — 8А.Вх

TSX	AEZ	801 — 8А.Вх
TSX	ASZ	401 — 4А.Вих
TSX	ASZ	401 — 4А.Вих

При виборі враховувалась можливість розширювати схему автоматизації (запасні канали та модулі). Контролер типу TSX3721101 може приєднуватись до РС і панелі оператора, крім того є можливість розширювати пам'ять (картка розширення) і об'єднуватись вмережу з іншими контролерами.

4.4. Специфікація на прилади і засоби автоматизації

таблиця 9.1

Позиційне позначення	Назва приладу або засобу автоматизації	Тип	Кількість	Примітки
1	2	3	4	5
1б,1г,1є	Конвеєрні ваги. Продуктивність 10-	ВН-1С	1	

	80 т/добу. Похибка зважування $\pm 2\%$. Управління електричне			
1а	Стандартна діафрагма		1	
1е,2б	Первинний перетворювач різниці тиску (дифманометр). Прилад з уніфікованим вихідним сигналом 0..5мА. Клас точності 0,25. Межа вимірювань $0 \dots 15000 \text{ м}^3/\text{год. } U_{\text{жив}} = 24 \text{ В}$	„Сапфир –22 ДД“	2	
1в,7а,8а, 13б	Термоелектричний перетворювач температури (захищений). Межа вимірювань $0 \dots 800^\circ \text{C}$. Максимальний умовний тиск 0,4МПа	ТХА-1449	4	
1д,3б,4б, 6б,7б,8б	Нормуючий перетворювач для термопар. Вихідні сигнали $0 \dots 5 \text{ мА}$. Клас точності 0,5	Ш69000	6	
1ж,3в,4в	Виконавчий механізм однооборотний. Номінальний крутний момент на вихідному валу $1569 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Номінальний час повного вихідного валу 25с. Споживча потужність $415 \text{ В} \cdot \text{А}$	МЭО-160/ 25-0,25К-68	3	
2а	Нестандартна діафрагма		2	
3а,4а,6а	Термоелектричний перетворювач температури. Межа вимірювань $300 \dots 1600^\circ \text{C}$. Максимальний	ТПР-0213	3	

	умовний тиск 3,5МПа. З водозахищеною головкою.			
5а,9а,10а, 11а,12а,13г, 13д,13е	Первинний перетворювач тиску (захищений). Вихідний сигнал 0...5мА. Клас точності 0,5. $U_{жив}=24В$	„Сапфир -22 ДХ“	8	
5б	Виконавчий механізм однооборотний. Номінальний крутний момент на вихідному валу 3920Н·м. Номінальний час повного вихідного валу 25с. Споживча потужність 740В·А	МЭО-400/ 25-0,25К-69	1	
13є	Клапан вакуумний з електромагнітним приводом. Постійний струм живлення $U_{жив}=24В$	КМУ	1	
13а,13в	Реле контролю факела	РКФ	1	
КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5, КМ6	Магнітний пускач. Струм номінальний 9А. $U_{жив}=380В$	11ВF910	6	
SA1, SA2, SA3, SA4, SA5, SA6	Кулачковий перемикач. Кількість полюсів2. Струм номінальний 12А. $U_{max}=690В$	TGN129 1U	6	
SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6,	Кнопочка станція управління. Струм номінальний 50А. $U_{жив}=380В$	ТКЕ-121	6	
HL1- HL10	Лампа сигнальна. $U_{жив}=220В$	АС 1	10	

10. Заходи з охорони праці, техніки безпеки

Законодавство про охорону праці в Україні

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України: “Про охорону праці” (із доповненнями та змінами затвердженими Верховною Радою України і введені Указом Президента України 21 листопада 2002 року №229-IV; вступив в силу 17 грудня 2002 року), “Про охорону здоров’я”, “Про пожежну безпеку”, “Про використання ядерної енергії та радіаційний захист”, “Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”, а також Кодекс законів про працю України (КЗпП). [6]

Інструктажі з охорони праці цукровому заводу на заводі

Мета інструктажу – навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючих середовища виконувати свої трудові обов’язки. Інструктажі за часом і характером проведення бувають **вступними** (проводяться з усіма поступаючими на роботу, проводить інженер з техніки безпеки в кімнаті з охорони праці); **первинними** (при поступанні на роботу в цех чи перевод в другий цех, проводиться майстром чи начальником цеху); **повторними** (1 раз в 3 місяці, керівник або змінний майстер цеху з усіма працівниками); **позаплановими** (при зміні правил з охорони праці; зміні технології виробництва, устаткування, матеріалів та інших факторів, які впливають на безпеку праці; порушення працівниками вимог безпеки, які привели або можуть привести до травми, аварії, пожегу; перервах в роботі – для робіт підвищеної безпеки 30 календарних днів, для всіх інших робіт – 60 календарних днів; на вимогу інспектора держнаглядохоронпраці); **цільовими** (привиконанні разових робіт, не передбачених трудовою угодою;

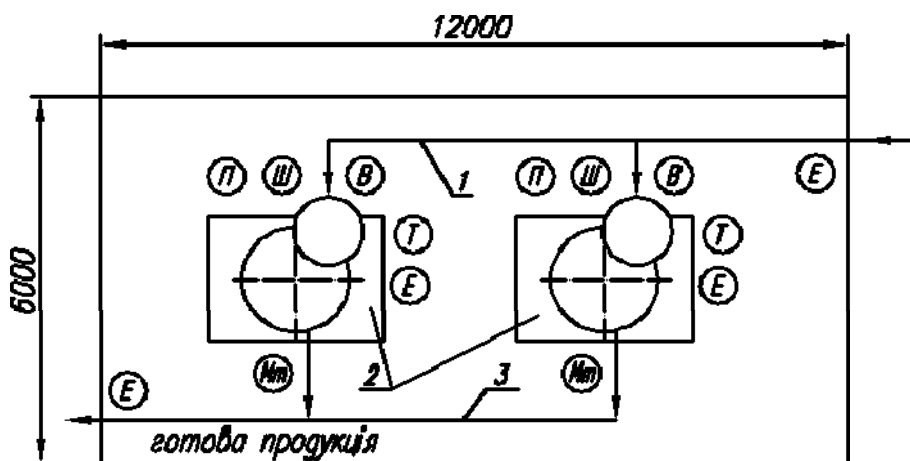
<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р.Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Фішук Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона праці	192007.КР.03.010 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

при ліквідації аварії, стихійного лиха).

Аналіз основних технологічних процесів і обладнання з метою виявлення найнебезпечніших і шкідливих чинників для працівників та їх нормування

На обслуговуючий персонал модернізованого апарату діють такі негативні фактори (виробничі шкідливості):

- шкідливі: шум, вібрація, запиленість повітря, термічний вплив, можлива недостатня освітленість робочих місць;
- небезпечні: електробезпека, пожежонебезпека, безпека механічних травм, безпека опіків.



1.завантажувальний шнек; 2. сушильний апарат; 3.вивантажувальний шнек.

Рис.10.1 Технологічна схема сушіння вижимок.

Дуже багато працівників працюють в умовах підвищених рівнів шумового фону на робочих місцях. Джерелами шуму є двигуни, вібраційна площина; також шум виникає при роботі обертання барабана. На робочих місцях, у допоміжних приміщеннях, на території багатьох цукрових заводів освітленість не відповідає вимогам діючих норм (санітарно-технічні вимоги

регламентуються загальнодержавними, спеціальними і галузевими нормативно-технічними документами). Також запиленість повітря в робочому приміщенні дуже часто не відповідає вимогам санітарних норм. Термічний вплив на обслуговуючий персонал виникає внаслідок роботи нагрівачів (в сушильному барабані газова піч). Вона ж створює небезпеку опіків. Пожежонебезпека створюється наявністю електромережі, тобто можливістю короткого замикання проводки, яка в свою чергу створює електронебезпеку для обслуговуючого персоналу, спалахування вижимок при довготривалому сушінні. Небезпеку отримання механічних травм створюють всі рухомі робочі органи машини (обертаючий барабан, конвеєри, механічні передачі). [6] Основні гігієнічні вимоги до технологічних процесів і обладнання приведені у нормативному документі - Санітарні правила організації технологічних процесів і гігієнічні вимоги до технологічного обладнання. Крім цих документів Міністерство охорони здоров'я України видає санітарні норми, правила, методичні вказівки.

Таблиця 5.1

Професія	Категорія робіт за важкістю	Енерговитрати, ккал/год	Температура, °С, на робочих місцях				Відносна вологість ф, %	Швидкість руху повітря, м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних		
Оператор-наладчик	ІІа	151-250	Холодна пора року				75	Не більше 0,3
			23	24	17	15		
			Тепла пора року				65 (при 26°С)	0,2-0,4
			27	29	18	17		

Характеристику *мікроклімату* наведено у таблиці 5.1 згідно ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 «Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва». *Загазованість* не нормується, оскільки немає речовин, які б виділяли газ. *Запиленість*, під час роботи сушильної установки в повітря потрапляє пил вижимок, ГДК=10 мг/м³. Передбачена пливно-витяжна вентиляція.

Для зменшення запиленості повітря та впливу температурних полів обладнання на обслуговуючий персонал в цеху, де буде встановлений проєктований автомат повинна бути передбачена вентиляція.

Вентиляція повітря працюючої зони цеха повинна відповідати ДСТУ Б А.3.2-12:2009 «Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги.» Наприклад в цеху може бути передбачена припливно-витяжна вентиляція з механічним та природнім рухом повітря. Місцева витяжка може проводитись від центрифуг за допомогою відцентрових вентиляторів. [6]

Одним з найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється *шум*. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втрати, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Все це є однією з причин збільшення економічних втрат.

Допустимі норми шуму для цукрових підприємств, де є обладнання, що створює шум, наведені в ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги безпеки.»

При роботі апарату основним джерелом шуму є двигуни, вібраційна площа; також шум виникає при роботі обертання барабана. Рівень звуку

від прийнятих проектом пристроїв не перевищує гранично допустимого рівня – 75 дБ, тому не вимагається проведення спеціальних заходів.

Для того, щоб уникнути накладання один на одного звукових полів цього обладнання, його розміщують по периметру будівлі у ізольованих капітальними стінами приміщеннях.

При пуску і наладці обладнання необхідно проводити статичне і динамічне балансування рухомих частин обладнання.

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення у виробництві призводять до небажаних явищ, таких як **вібрація**. Вібрації не тільки погіршують самопочуття працюючих і знижують продуктивність праці, а й можуть призвести до серйозних патологічних змін організму людини. Комплексна механізація і автоматизація підприємства є радикальним способом позбавлення людини від шкідливого впливу вібрацій.

Найпростішим видом вібрацій є гармонічні (синусоїдальні) коливання.

Норми загальної технологічної вібрації наведені в ДСТУ 12.1.012:2008. «Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги». Апарат встановлений на фіксуючих роликах; немає деталей, які працюють на надвисоких швидкостях; найбільшим джерелом вібрації є барабан.

Освітлення в цеху передбачено штучне. Освітлення відповідає вимогам СНиП II-4-79 “Естественное и искусственное освещение.”

Обладнання та експлуатація електроустаткування повинно відповідати “Правилам технічної експлуатації споживачів” і “Правилам техніки безпеки при експлуатації споживачів електроенергії”.

Нормована освітленість на робочих поверхнях при штучному освітленні за зоровими параметрами (газорозрядні лампи) 500 лк.

Забороняється встановлювати світильники під гідравлічними затворами та запобіжними клапанами. Очистку світильників повинен проводити електрик у відповідності з графіком. Контроль за освітленістю потрібно проводити не рідше ніж один раз в три місяці.

В цеху передбачена мережа з низькою напругою для вмикання переносних освітлювачів і ручного електроінструменту. Також передбачене аварійне освітлення, яке виконується для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в цеху, а також для евакуації людей, у випадку вимикання робочого освітлення. На світильниках аварійного освітлення повинно бути нанесено відрізняючий знак відповідно ПУЄ.

Для проведення ремонтних робіт повинна бути проведена мережа ремонтного освітлення. Мережа ремонтного освітлення працює при напрузі 36 В. Живлення здійснюється від понижуючих трансформаторів.

У відповідності з ПУЄ для захисту обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом, в цеху всі металеві частини електрообладнання, які не знаходяться під напругою, але можуть опинитись під напругою в разі порушення ізоляції заземлені. Апарат *заземлено* шляхом приєднання спеціального болта на корпусі апарата до внутрішнього контуру заземлення за допомогою спеціально прокладених провідників. Всі пошкодження апарата ремонтуються тільки при вимкненій напрузі. [6]

Для захисту споруди від прямих ударів блискавки металеві ферми перекриття з'єднуються між собою сталевими смугами 40x40 мм по периметру корпусу, яке з'єднано з струмопроводами із круглої сталі діаметром 12 мм, прокладеними по стінкам приміщення і з'єднаними з блискавозахисним контуром заземлення.

Електробезпека:

1) заземлення всіх металевих струмоведучих конструкцій електричного обладнання (для приміщень з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних обов'язкове заземлення всіх струмоведучих елементів електрообладнання);

2) живлення електродвигунів автомату малою напругою (до 42 В змінного струму) та подвійна ізоляція кабелів живлення. Живлення системи

автоматизації, світильників підсвічування шкал приладів контролю і керування автоматом малою напругою (до 12 В);

3) застосування системи захисного відімкнення електричного струму живлення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу апарату, або їх перевантаження;

4) всі електричні щити живлення мають бути закриті захисними коробками. Під щитами повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);

5) ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

У відповідності з діючими будівельними нормами і правилами СНиП II-М3-68 передбачені загальні **побутові приміщення** і пристрої (гардеробні, душові, умивальні, а також кімнатами для просушки спецодягу). Підлога в побутових приміщеннях повинна бути вологостійка, в гардеробі - заслана гумовими ковриками, а в душових - дерев'яними трапами.

Всі виробничі будівлі і споруди двічі на рік (весною і восени) підлягають технічному огляду, який проводиться комісією, призначеною керівником виробництва.

Забезпечення **пожежної безпеки** досягається за допомогою комплексу інженерно-технічних і організаційних заходів, направлених на усунення причин виникнення пожеж, обмеження розповсюдження пожежі та її ліквідації.

Відповідно до норм технологічного проектування ОНТП 24-86 приміщення за вибухопожежонебезпекою відноситься до категорії Д.

Нагріті продукти горіння або полум'я може проникати крізь конструкцію; підвищення температури на поверхні конструкції, що не зігрівається, в середньому більше ніж на 140°C або у будь-якій точці цієї поверхні до температури 180°C і більше, порівняно з температурою до випробовування; втрата несучих властивостей конструкції (завалювання). Ступінь вогнестійкості будівельної конструкції згідно зі СНиП 2.01.02 – 85

(IV).

Згідно з ПУЕ за вибухопожежонебезпекою електрообладнання належить до П-Ша.

Для кожної галузі харчової та переробної промисловості існує узгоджений з Державним пожежним наглядом МНС України перелік споруд і приміщень, що підлягають обладнанню автоматичними засобами пожежегасіння та автоматичною пожежною сигналізацією.

У нашому випадку, сушіння вижимок, за площі 400 м² цех обладнується автоматичною пожежною сигналізацією і забезпечується первинними засобами пожежегасіння. [6]

До первинних засобів пожежегасіння належать: вогнегасники ВВ-5 вуглекислотні (внаслідок використання при роботі машини електричного струму) - 2, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини - 1, ящик з піском - 1, бочка з водою - 1, пожежні відра - 2, совкові лопати - 2); пожежний інструмент (гаки - 2, ломи - 2, сокири – 2 тощо).

Основними заходами пожежної безпеки є:

- дотримання паспортних режимів роботи обладнання;
- своєчасне проведення технічних оглядів з метою змащення пар тертя (підшипникові вузли, штоки пневмо-циліндрів, і т. ін.);
- дотримання правил безпеки при зупинці обладнання на огляд та ремонт;
- своєчасне проведення перевірки ізоляції обладнання;
- проведення інструктажів та навчання працюючого персоналу.

Розрахунок кількості води

Пожежний щит встановлюється один при території підприємства до 5 тис. м.². У приміщенні цеху фасування повинні бути встановлені дві бочки з водою не менше 0,2 м³ (одна бочка на 250 – 300 м² площі) – за відсутності протипожежного водогону.

Запас води, м³, потрібний для пожежегасіння будівлі, розраховується за таким рівнянням:

$$G = \frac{3 \cdot 3600(n_1 + n_2)}{1000}; \quad (8.4)$$

де 3 – розрахунковий час гасіння пожежі, год.; 3600 – перерахунок годин в секунди; n₁ – витрати води на внутрішнє пожежегасіння за секунду, л/с.

Прийнято, що для внутрішнього пожежегасіння необхідно мати два струмені води, які б викидали по 2,5 літра води за 1 с (два джерела горіння). Тобто n₁ = 2,5 · 2 = 5 л/с; n₂ – витрати води на зовнішнє пожежегасіння, л; визначається залежно від об'єму будівлі, категорії виробництва за вибухо- та пожежонебезпекою і ступенем вогнестійкості будівельної конструкції; 1000 – перерахунок літрів у метри кубічні.

Запас води на пожежегасіння для будівлі об'ємом 3 – 5 тис.м³ за категорією вибухо- та пожежонебезпеки приміщень в будівлі – В, ступенем вогнестійкості – II становитиме:

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 10)}{1000} = 10,8 \cdot 15 = 162 \text{ м}^3,$$

де n₂ = 10 л/с.

Об'єм будівлі визначається з урахуванням всіх приміщень, розміщених там, і визначається периметрами будівлі та її висотою.

Для пожежегасіння потрібно мати резервуар місткістю не менше 162 м³.

У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути не менше двох шляхів евакуації людей. Ці шляхи не повинні перетинати приміщення, де розміщені виробництва категорії А, Б за вибухо-пожежонебезпекою. У разі потреби одним шляхом евакуації може бути

вікно з пожежною драбиною або сходами, що ведуть на зовнішнє подвір'я.

Пропозиції по покращенню умов праці

Для пониження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання до допустимого передбачаються наступні заходи: [6]

-вентилятори встановлюють у ізольованих приміщеннях (вентикамерах);

-передбачений плавний підвід повітря до вхідних патрубків вентиляторів;

-передбачені вібропоглиначі гнучкі вставки для приєднання повітровідводів до вхідних і до нагнітаючих патрубків вентиляторів;

-вентилятори встановлені на пружинних амортизаторах;

-по можливості замінюються ударні взаємодії деталей на безударні;

-звукоізоляція огороджуючи конструкцій;

-своєчасна заміна підшипників;

-змащення ударяючих деталей в'язкими рідинами.

Зниження вібрації шляхом перевodu енергії механічного коливання в інші види енергії, найчастіше в теплову, називають вібродемпфіруванням. Для цього можна використовувати матеріали з більшим внутрішнім тертям. Використання в конструюванні матеріалів з більшим внутрішнім тертям дозволяє знизити вібрацію в діапазоні середніх та високих частот на 81дБ. Якщо по будь-яким причинам застосування цих матеріалів неможливо, то для зниження вібрації використовують вібродемпфіруючі покриття, що мають великі втрати на внутрішнє тертя.

Висновки

В кваліфікаційній роботі було проведено модернізацію барабанної сушильної установки, а саме заміна сушильного пристрою та підвищення ефективності вловлювання часточок сухих вижимок з сушильного агенту. Після проведення літературного огляду аналогічних установок були зроблені висновки, що основним недоліком сушильних установок є: по-перше, очищення сушильного агенту в циклоні відбувається неповністю і дрібні частинки вижимок, що потрапляють в атмосферне повітря, забруднюють навколишнє середовище, по-друге, - мають місце великі втрати тепла, які виходять разом із сушильним агентом з барабанної сушильної установки і викидаються в атмосферу.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	192007.KP.03.000 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

Література:

1. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції : Навч. Посібник. / О.В. Дацишин – К.: Мета, 2003. – 288с.
2. Синенко Т. П. Отримання сухих солодких виноградних вичавок [Електронний ресурс] / Т. П. Синенко, Н. Е. Фролова // Food Additives. Healthy Man and Human Patient Diet : proceeding sof IX International scientific and practical internet conference. – Prague : Oktan-Prints.r.o., 2020. – P. 146-147.
3. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «**Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв**» денної та заочної форм навчання. / В. Яровий, Р.Л. Якимчук, Д. Люлька, 2022. – 48с.
4. Заєць Ю.О., Штангеев В.О. Безвідходна переробка цукрових буряків. -К.:Урожай, 1992. - 182с.
5. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник / За ред. К.М. Ситника.— К.: Вища шк.,2001. — 358 с.
6. Купчик М.П., Гандзюк М.П. Основи охорони праці — К.Юснова, 2000. 416с.
12. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. — К.: Вища школа, 1993. — 556с.
13. Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв: Підручник.—К.: Вища шк.,2005. — 423 с.
14. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості/ І.С.Гулий, М.М.Пушанко, Л.О.Орлов. За ред. Академіка УААН Гулого І.С. Вінниця: Нова книга, 2001, - 575с., рис.335,табл.26.

<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> Фузжк Е.Е.	<i>Назва, додаткова назва</i> Література	192007.KP.03.000 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

15. Інтенсифікація сушіння яблучних вичавок та удосконалення процесів їх промислового використання [Текст]: автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.18.12/ Т.Є. Веселовська ; Нац. Ун-т харч. технол. – К., 2010 – 20 с.

16. Розробка технології пектинових екстрактів та способу їх сушіння [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.05 / М.А. Гнатенко ; Нац. ун-т харч. технол. – К., 2002. – 215с.

17. Математичний опис процесу сушіння [Текст] /О.В. Гура. – С. 326-327.

18. Оптимізація процесу сушіння екстрактів із вмістом пектину [Текст] : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.12 / В.О. Овчарук ; Укр. Держ. ун-т харч. технол. (Київ). – К., 1998. – 174 с.

19. Кількісний показник енергоефективності сушарок та методи його підвищення під час сушіння у тепломасообмінних модулях з внутрішнім нагрівачем [Текст] / В.О. Потапов, Є.М. Якушенко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2010. – Вип. 2(12). – С. 134 – 139.

20. Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини [Текст] : тези доп. Всеукр. наук.