

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій  
проектування

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 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 А2-ПСА  
продуктивністю 175 т/добу для жому шляхом рециркуляції відпрацьованого  
теплоносія

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-8ск

Петреченко Валерій Віталійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник: Миколів Іван Михайлович  
(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 – 2022р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування  
Освітній ступінь бакалавр  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)  
Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТОКТП  
проф. Якимчук М.В.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

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

Петреченко Валерій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація барабанної сушильної установки А2-ПСА продуктивністю 175 т/добу для жому шляхом рециркуляції відпрацьованого теплоносія

керівник проекту (роботи) Миколів Іван Михайлович, доц., кандидат тех. наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 р. № 167-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» червня 2022 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; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охорони праці; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

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

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

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: « 31 » 03 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	04.04.2022р.	
2	<i>Вступ</i>	08.04.2022р.	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	15.04.2022р.	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	22.04.2022р.	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	22.04.2022р.	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	29.04.2022р.	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	06.05.2022р.	
8	<i>Розрахункова частина</i>	13.05.2022р.	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	13.05.2022р.	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	20.05.2022р.	
11	<i>Опис системи управління</i>	20.05.2022р.	
12	<i>Заходи з охорони праці</i>	27.05.2022р.	
13	<i>Висновки</i>	27.05.2022р.	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	27.05.2022р.	
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	27.05.2022р.	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедрі</i>	01.06.2022р.	

**Здобувач** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Валерій ПЕТРЕЧЕНКО**  
(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Іван МИКОЛІВ**  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто модернізацію барабанної сушарки для жому марки А2-ПСА. За рахунок використання тепла відпрацьованого сушильного агенту, температура якого досягає 140°C, є можливість зменшити витрати палива. Це досягається шляхом рециркуляції відпрацьованого сушильного агенту та повернення його в камеру змішування топкового пристрою.

Кількість рециркуляційних газів регулюється перекидними клапанами, що встановлюються після циклонів на витяжних трубах.

Розрахунки теплового балансу підтвердили зменшення витрат палива в жомосушильному барабані на 3% в порівнянні з установкою без рециркуляції, а економічні показали зменшення витрат на 1тонну готового продукту на 3,65%.

Проведений аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання, побудова та принцип роботи обладнання. Розглянуті питання монтажу, ремонту і експлуатації.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петрченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Анотація</b>	<b>200380.КР.18.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/2

## SUMMARY

In this qualification work the modernization of the drum dryer for pulp of the A2-PSA brand is considered. By using the heat of the spent drying agent, the temperature of which reaches 140 ° C, it is possible to reduce fuel consumption. This is achieved by recirculating the spent drying agent and returning it to the mixing chamber of the combustion device.

The amount of recirculation gases is regulated by diverter valves installed after cyclones on the exhaust pipes.

Calculations of the heat balance confirmed a reduction in fuel consumption in the pulp dryer by 3% compared to the installation without recirculation, and economic showed a reduction in costs per 1 ton of finished product by 3.65%.

An analytical review of existing equipment designs, construction and principle of equipment operation. Issues of installation, repair and operation are considered.

# ЗМІСТ

стор.

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

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петрченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Зміст</b>	<b>200380.КР.18.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук В.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

## ВСТУП

Буряковий жом є побічним продуктом цукрового виробництва і являє собою стружку цукрового буряка, з якої дифузійним методом вилучена основна кількість цукру і деяка частина мінеральних і органічних речовин.

Жом - цінний і добре засвоюваний корм. У 100 кг сухих речовин свіжого жому міститься близько 20 кг клітковини, 30 - 35 кг геміцелюлози, приблизно така ж кількість пектину, 8-10 кг білків, 2-3 кг цукру і близько 2 кг мінеральних речовин.

Висолоджена бурякова стружка що вийшла із дифузійної установки, називаються свіжим жомом. В ньому міститься всього 6-8% сухих речовин. Згодовувати жом тваринам у свіжому вигляді доцільно лише в господарствах, розміщених поблизу цукрового заводу, оскільки зі збільшенням відстані різко зростає вартість його перевезення. Транспортабельність свіжого жому підвищують за допомогою видалення із нього частини води механічним методом (пресуванням, висушуванням). В свіжому вигляді згодовують всього 30-40% виробленого жому, а решту консервують і піддають тривалому зберіганню.

Для консервації жому використовують силосування і висушування. При силосуванні жом укладають на зберігання в відкриті жомові ями, де під впливом мікроорганізмів він скисає і перетворюється в так званий кислий жом. За час зберігання в таких ямах на протязі 6 місяців, кислий жом може втратити до 50% сухих речовин, а також втрачає поживні речовини.

Найбільш раціонально зберігати жом в висушеному вигляді. Сушений жом виробляють в розсипному, брикетному або гранульованому вигляді.

Це практично виключає втрати поживних речовин і підвищує транспортабельність. Не дивлячись на те, що висушування жому пов'язане з певними капітальними затратами на будівництво жомосушительних відділень і

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>		<b>200380.КР.18.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>

значними витратами палива, виробництво сушеного жому економічно вигідно.

Інтенсифікація цукрового виробництва можлива тільки на основі розвитку науки, впровадження нової техніки і технології в виробництво, нових методів господарювання.

Безперервний технічний прогрес у вітчизняній цукровій промисловості повинен здійснюватись у таких напрямках: введення нової більш ефективної технології, яка підвищує вихід та якість цукру, а саме застосування глибокої хімічної очистки соків, інтенсифікації виробничих процесів і скорочення виробничого циклу, введення високоефективних машин і апаратів безперервної дії, здійснення комплексної механізації всіх тяжких і трудомістких машин, автоматизація виробничих процесів і контролю за ними, скорочення витрат палива, застосування нових способів тривалого зберігання буряка з метою зменшення витрат цукру.

Саме тому, метою даної роботи являється модернізація жомосушильного барабану А2-ПСА, що передбачає раціональне використання палива.



## 1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

Основним обладнанням в схемах сушіння жому є жомосушильні установки. Для висушування жому встановлюють сушарки барабанного, пневмовихрового типу та з псевдозрідженим шаром. В якості типового на вітчизняних та зарубіжних цукрових заводах для висушування жому використовують в основному барабанні сушарки з розподільною системою, окремою топкою, обладнаною газовим чи газомазутним пальником. Ці сушарки можуть відрізнятися розмірами, формою та кількістю насадок, виконанням приводу та ущільнень, іншими конструктивними особливостями, але принцип роботи їх однаковий.

Барабанні сушарки володіють рядом переваг:

1. Універсальність використання їх для різних видів сировини.
2. Надійність в роботі.
3. Можливість використання сушильного агента з високою температурою (для жому 800-900°C), що знижує витрати теплоти на 1 кг випареної вологи.

Але їм властиві і суттєві недоліки:

1. Неможливість значно інтенсифікувати процес сушіння з метою збільшення продуктивності і підвищення коефіцієнта використання теплоти.
2. Висока питома металоємкість, складність у виготовленні та ремонті.
3. Висока температура відпрацьованого сушильного агента (120-140°C)
4. В процесі переміщення часток жому з однієї насадки на іншу в області високих температур має місце повне згорання мілких і частково

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</b>	<b>200380.KP.18.001 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/7</b>

більш крупних фракцій матеріалу, що призводить до втрат, зниження кормової цінності і погіршення якості готового продукту.

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

### 1.1 Барабанна сушарка ПСА-2

Сушарка представлена на рис. 2.1. Апарат складається з корпусу 7 на якому закріплено два опорних бандажа 5. Бандажі сушарки опираються на дві пари роликів 11. Барабан сушарки обертається від приводу 12 через вінцеву шестірню 6. Частота обертання барабана складає 1,75 об/хв.

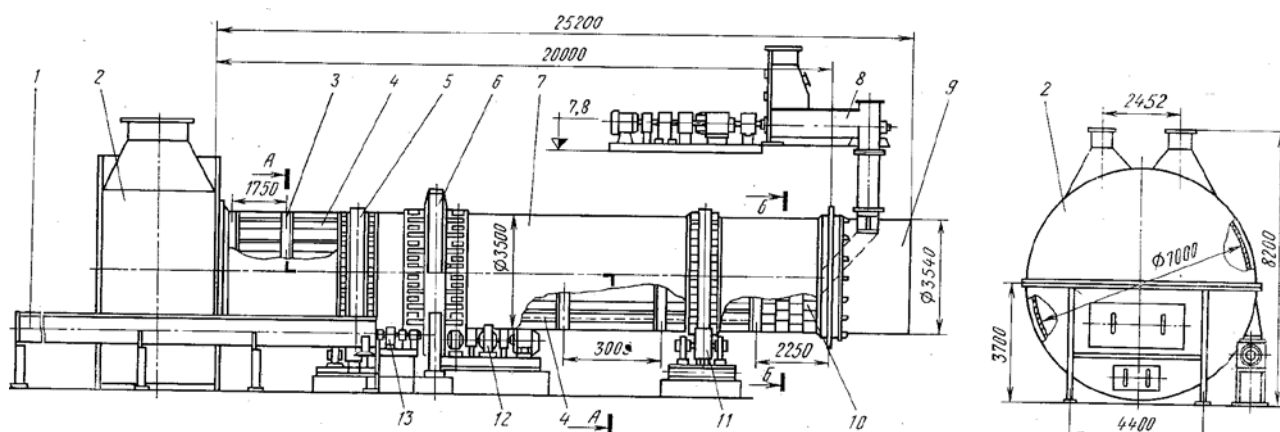


Рис.1.1 Барабанна сушарка ПСА-2

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

Для рівномірного розподілу жому в барабані і збільшення коефіцієнта заповнення його жомом, всередині барабана встановлені насадки 3,4 і 10.

Барабан царгою 9 з'єднується з топкою. Жом, змішаний з мелясою, подається в апарат за допомогою змішувача 8. В кінці барабана до його корпусу прикріплюється підпирний пристрій, розміщений в нерухомому корпусі. Він призначений для збільшення часу перебування жому в барабані без зниження його продуктивності. Переміщення жому в барабані здійснюється за рахунок руху газів, швидкість яких залежить від роботи димососів, встановлених на корпусі 2. При нормальній роботі димососи створюють невелике розрідження 30-50 Па. У деяких випадках для поліпшення переміщення жому, барабан встановлюють з ухилом 3-5°. Для запобігання переміщення барабана убік ухилу встановлюють упорні ролики на одному з бандажів. Принцип роботи жомосушильної установки полягає в наступному. Віджятий жом і димові газу надходять у царгу 9. Кількість жому, що надходить, регулюється шнеком-живильником 8, з якого жом по лотку поступає в барабан на гвинтові лопатки і далі на систему насадок, де рівномірно розподіляється по полицям. При обертанні барабану жом пересипається з однієї насадки на іншу, просувається до розвантажувальної камери 2 і висушується. З розвантажувальної камери сушений жом виводиться шнеком 1 через патрубок. Сухий жом з вивантажувального шнека надходить..на..зберігання..чи..пресування. Топочні газу і вологий жом, що висушується, переміщаються в одному напрямку, при цьому газу з високою температурою (близько 750°C), контактують з жомом і швидко охолоджуються і в подальшому, досушуючи жом до кінцевої вологості (10-13%), через верхню частину розвантажувальної камери зі штуцером, за допомогою димососа викидаються в атмосферу. Завдяки безупинному випаровуванню вологи з жому температура його в барабані не підвищується вище крапки кипіння води при даному тиску, більш того,

температура жому залишається нижче температури кипіння води, тому що на випаровування вологи витрачається велика частина тепла газів.

## 1.2 Барабанна сушарка фірми „Буккау-Вольф“

Сушарка (рис.1.2) призначена для швидкого висушування жому. Складається вона із основного сушильного барабана 7 і обертаючої труби 11, в якій виконується швидке переміщення газу і сирого жому. Сирий жом з пресів 2 за допомогою шнека направляється в обертаючу трубу, куди також поступають топкові гази з максимальною температурою 1100° С. В трубі жом перемішується за допомогою спеціальних розподільних пристроїв і направляється в основний сушильний барабан.

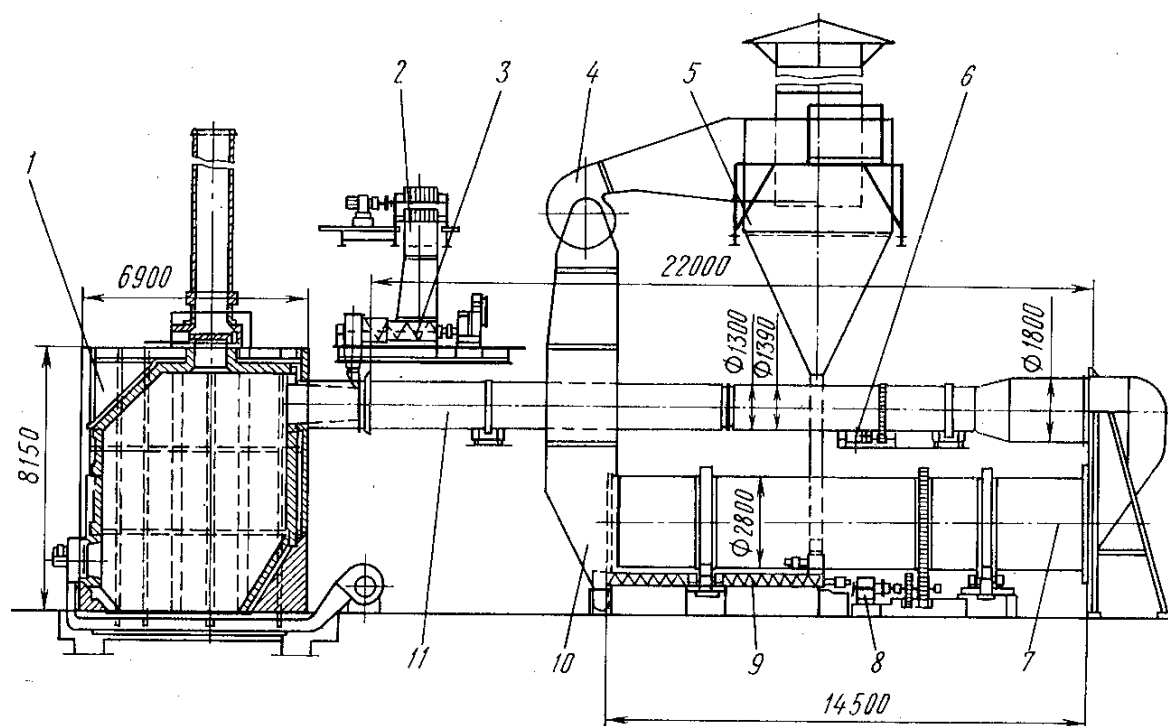
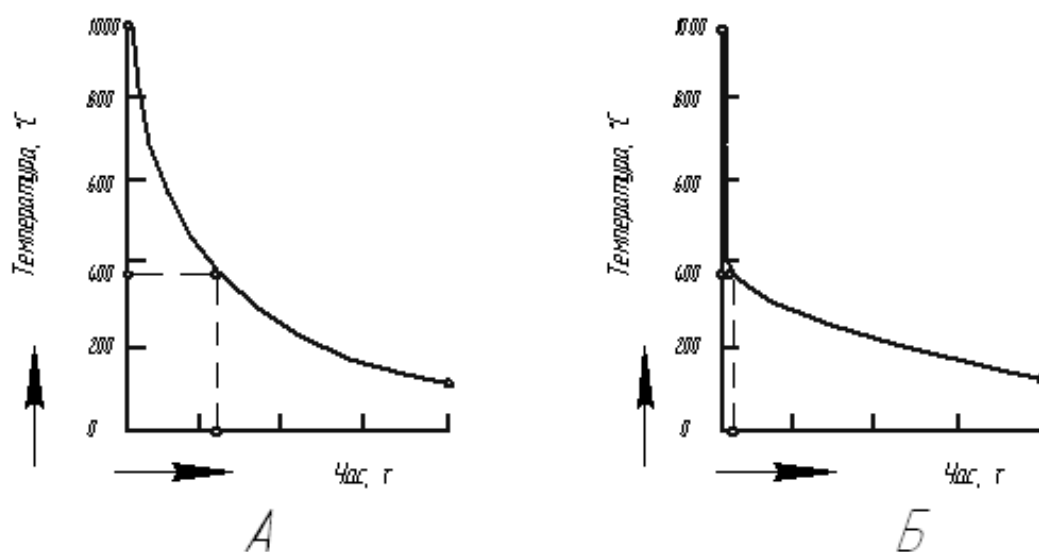


Рис.1.2 Барабана сушка жому фірми “БУККАУ-ВОЛЬФ”

1-топка; 2-прес; 3-шнек; 4-вентилятор; 5-циклон; 6,8-приводи; 7-барабан; 9-шнек для видалення сухого жому; 10-короп нерухомий; 11-обертаюча труба.

Швидкому переміщенню матеріалу в трубі допомагає велика швидкість топкових газів, досягаючи 40 м/с. Незначний час контакту сирого жому з топковими газами, що мають високу температуру, сприяє гарній передачі тепла від газу до жому, збільшенню швидкості висушування меляси, рівномірному висушуванню жому по всій його масі.

Фірма „Буккау-Вольф" виробляє також швидкісну сушарку, в якій труба знаходиться всередині основного барабану. Це дозволяє зменшити теплові витрати в навколишнє середовище і спростити конструкцію.



*Криві розподілення температур в залежності від часу сушки.*

*а - в звичайних барабаних сушках*

*б - в швидкій сушці*

На мал.-А показана крива розподілення температур процесу в залежності від часу сушки сирого жому в звичайному сушильному барабані з початковою температурою газу 1000° С, на мал.-Б в швидкій сушці, маючи додаткову трубу.

Як видно з графіка, час зниження температури газів до 350° С в трубі в порівнянні з звичайною сушкою зменшується в 8 – 10 раз. При такому режимі

сушки не погіршується якість висушеного жому і зменшується витрата тепла на сушку ( до 3 % ).

Конструкція сушарок дозволяє висушити жом до нормальної вологості з підвищеним початковим вмістом вологи.

Принцип дії основного сушильного барабани і його пристрій такі ж, як і барабанних сушарок інших конструкцій.

### 1.3 Швидкісна ротаційна сушарка Ван-ден-Броека

В ротаційній сушарці Ван-ден-Броека барабан поділений на секції, які в центрі мають отвори. (рис. 2.3) Сушильний агент через ці отвори проходить з великою швидкістю, при цьому утворюються завихрення потоку, які підтримують продукт в інтенсивному русі.

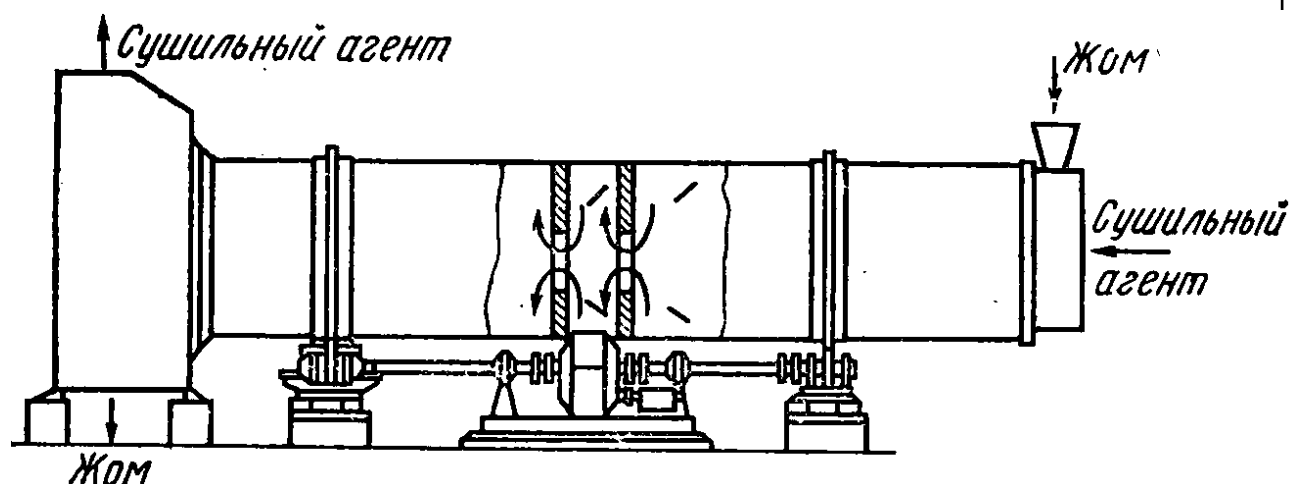


Рис. 1.3 Швидкісна ротаційна сушарка Ван-ден-Броека

При цьому в барабані здійснюється процес гравітаційного розділення висушеного і вологого жому. Милкі і легкі частки жому швидко висушуються і через отвори перегородок виносяться із барабану, а більш крупні (вологі) частки під дією власної ваги осідають на дно барабана на довший час, поступово переміщується вздовж стінок від секції до секції до

тих пір, поки не висушаться і не будуть винесені сушильним агентом через центральні отвори в перегородках в розвантажувальну камеру. При цьому частота обертання барабана становить 7 об/хв. Ця сушарка характеризується низькою питомою витратою теплоти (до 3200 кДж/кг), рівномірністю висушування матеріалу, високою якістю сушеного жому. В даному дипломному проекті розглянута барабанна сушарка марки А2-ПСА продуктивністю по кінцевому продукту 175 т/добу для висушування віджатого жому димовими газами.

## 2. Техніко-економічне обґрунтування

Впровадження нової техніки та прогресивної організації виробництва дає можливість суттєво підняти економічну ефективність роботи підприємств харчових виробництв за рахунок підвищення продуктивності праці, скорочення витрат сировини та енергії.

Важливим засобом прискорення науково-технічного прогресу на підприємствах являється сучасна модернізація обладнання, заміна морально застарілої техніки на сучасну, яка не поступається по якості, надійності, металоємності та енергоємності кращим досягненням науки.

Невисока ефективність впровадження нової техніки часто пов'язана з недосконалістю конструктивних рішень окремих видів машин. Це недостатньо високі якість та надійність використовуваного обладнання.

Вдосконалення технологічного обладнання відбувається по наступних основних напрямках: підвищення якості, надійності і довговічності машин і механізмів, створення високопродуктивних апаратів, зручних для використання в механізованих і автоматизованих поточних лініях, використання стандартних і уніфікованих вузлів та деталей, зниження маси машини, зменшення їх габаритів та інше.

Подальше технічне переоснащення підприємств галузі вимагає підвищення технічної грамотності та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

На даний момент у виробництві харчової продукції і більшість робіт виконується вручну, тож постійно ведуться розробки з метою замінити ручні роботи механізованими.

Таким чином, економічна доцільність і технічна можливість модернізації та впровадження її в дію очевидна.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Техніко-економічне обґрунтування</b>	<b>200380.КР.18.002 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>



### 3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Свіжий жом – це виварена стружка цукрових буряків, яка містить 90...93 % води, а суха речовина його представлена переважно вуглеводами. Жом бідний на фосфор, але багатий на кальцій, у ньому відсутні каротин та вітамін В і мало решти вітамінів. Його поживність становить 0,08...0,12 к. од. і 6...8 г перетравного протеїну. Свіжий жом швидко псується, тому його силосують або сушать.



Жом – це високоперетравне джерело структурних вуглеводів, основні його складові – пектин і геміцелюлоза, і майже відсутній лігнін (таблиця 1).

Таблиця 3.1 – Поживний склад свіжого жому

Поживна речовина	Вміст, г/кг СР
Сира клітковина	200–220
Сирий протеїн	80–100
Сирий жир	5–15
Сира зола	50–100
Безазотисті екстрактивні речовини	550–650
Цукор	30–70
Пектин	180–250
Пентозан (геміцелюлоза)	200–250

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</b>	<b>200380.КР.18.003 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/2

Кислий жом містить більше сухої речовини (до 12 %), має дещо вишу поживність й охочіше поїдається тваринами, ніж свіжий. Кислий жом використовують переважно для відгодівлі великої рогатої худоби. В середньому на голову згодують 40...50 кг за добу з додаванням за нормою необхідної кількості грубих і концентрованих кормів. Дійним коровам дають 25...30 кг.

Сухий жом є висококонцентрованим денним кормом для худоби. Поживність його в 12-13 разів вище, ніж у свіжого, в той же час, вага його зменшений в 12-13 разів, завдяки чому він більше транспортабельний і зручний.

За кількістю кормових одиниць сухий жом майже дорівнює вівсу, т. Е. В два рази більш поживні сіна і в три рази – вівсяної соломи.

Висушений жом, захищений від безпосереднього попадання в нього води, може зберігатися без втрат кормових властивостей необмежено довгий час. Метод застосування: 1кг жому бурякового заливається 10-12 літрами чистої води. Корм розбухає і виходить 10...12кг соковитого, охоче поїдається тваринами корму, який при використанні для годівлі корів дає істотну надбавку в молочній продуктивності. Склад (в % -м співвідношенні): Білки – 8,31, Жири – 0,66, Клітковина – 23,05, Безазотисті екстрактивні речовини – 65,59, Вода – 7,81, Зміст вітамінів і мінералів (мг / кг) : вітамін В1 (аневрин) – 0,55, вітамін В2 (лактофлавин) – 0,20, пантотенова кислота – 0,21, вітамін В6 (піридоксин) – 0,18, вітамін В8 (ніацин) – 0,26, біотин – 0,001, кальцій – 4,7г, фосфор – 1,2 г, кормова одиниця – 0,85

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

Запропонований у проекті варіант модернізації барабанної сушарки жому А2-ПСА передбачає можливість зменшити витрати палива за рахунок використання тепла відпрацьованого сушильного агенту, температура якого досягає 140°C.

До модернізації для розхолодження топкових газів у камері змішування використовувалося повітря навколишнього середовища, що має меншу кількість теплоти ніж відпрацьований газ. В камеру змішування в цьому випадку вноситься деяка кількість тепла з рециркуляційним сушильним агентом для охолодження топкових газів.

Запропонована модернізація жомосушальної установки має такі переваги :

- за рахунок використання рециркуляційних відпрацьованих газів зменшується витрати тепла в зовнішнє середовище;
- невеликі матеріальні витрати на модернізацію;
- дозволяє використовувати менше палива і має зміну на краще на економічних показниках;
- жомосушіння дозволяє краще зберігати жом, внаслідок чого зменшується кількість відходів, на сьогоднішній день в Україні накопичено близько 17 млрд. тонн відходів з яких понад 4 млрд. тон високотоксичні;
- більш раціональне використання природних ресурсів, за рахунок рециркуляції.

При виробництві сушеного жому є можливість зменшити витрати палива за рахунок використання тепла відпрацьованого сушильного агенту, температура якого досягає 140°C. До модернізації для охолодження топкових газів у камері змішування (950°C), використовувалося повітря

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання</b>	<b>200380.КР.18.004 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/8</b>

навколишнього середовища ( $30^{\circ}\text{C}$ ), що має меншу кількість теплоти ніж відпрацьований газ.

Кількість рециркуляційних газів регулюється перекидними клапанами, що встановлюються після циклонів на витяжних трубах.

Розрахункова схема теплового балансу установки наведена на рис. 4.1

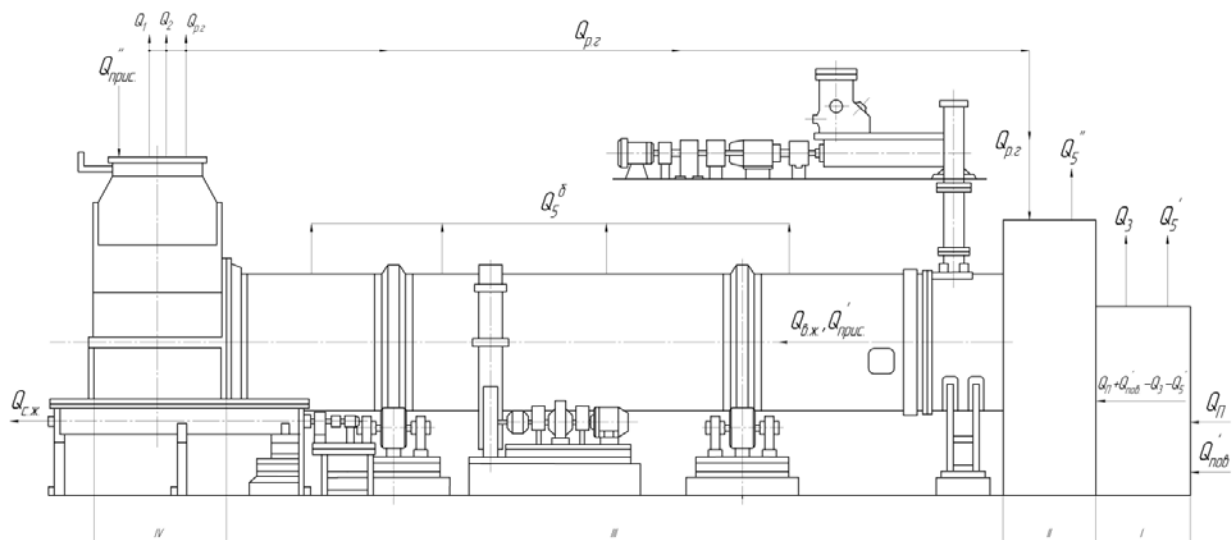


Рис. 4.1 Розрахункова схема теплового балансу жомосушильної установки з рециркуляцією відпрацьованого сушильного агента.

I – зона отримання робочого сушильного агента (камера згорання); II – зона камери змішування; III – зона сушильного простору; IV – зона виходу відпрацьованого сушильного агента.

В камеру змішування в цьому випадку вноситься деяка кількість тепла з рециркуляційним сушильним агентом  $Q_{p.г}$  для охолодження топкових газів.

#### *Побудова та принцип роботи обладнання*

Жомосушильний барабан А2-ПСА призначений для висушування віджатоного жому димовими газами і має продуктивність по кінцевому продукту 175т/добу. У сухому жомі зберігаються поживні речовини, що втрачаються при зберіганні сирого жому.

Барабан жомосушильний складається з наступних основних складальних одиниць (рис. 4.2): барабана 2, пристрою завантажувального 9, шнека вивантаження, двох циклонів 12 і 14, двох витяжних труб 10, 11.

Корпус барабана діаметром 3500 мм виготовлений з товстолистової сталі товщиною 20 мм. На корпусі закріплено два опорних бандажа і зубчастий вінець 5.

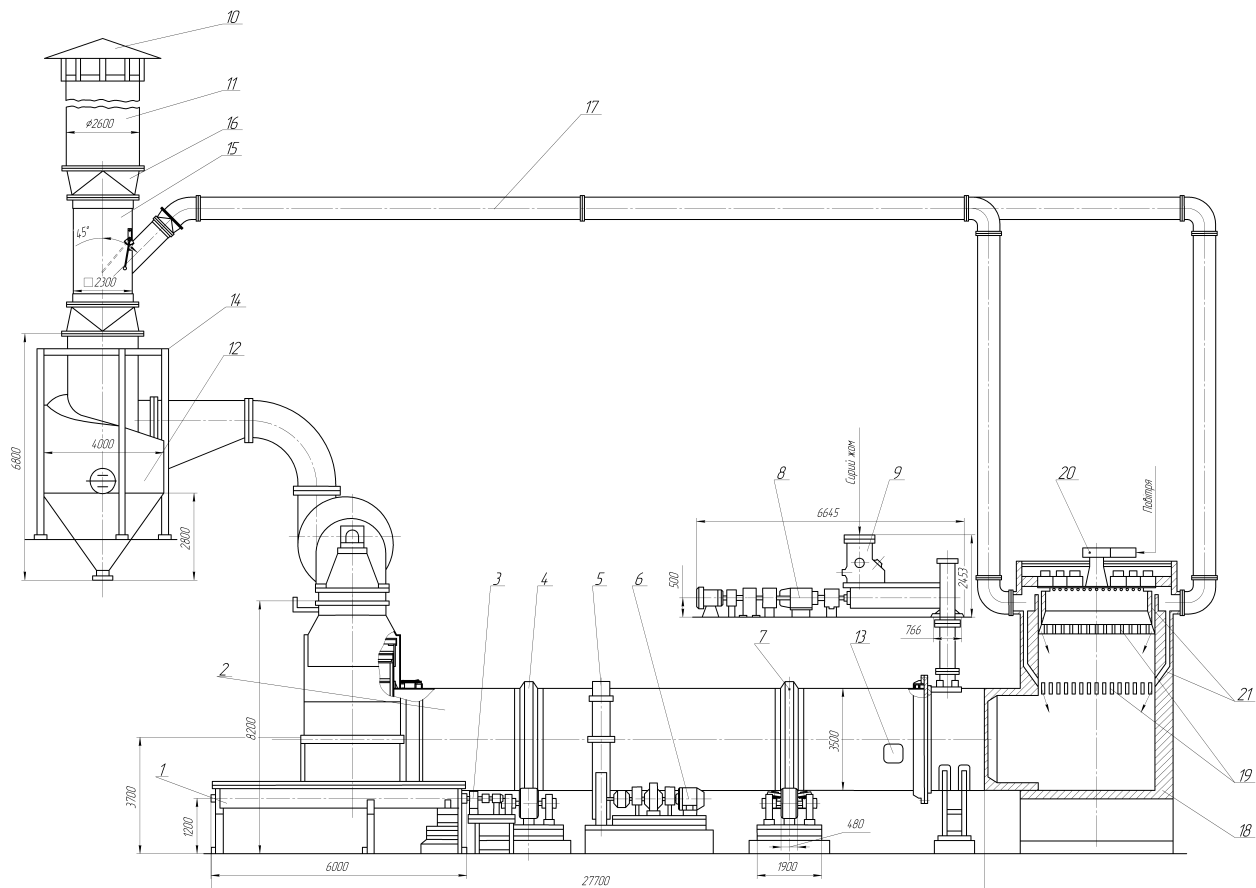


Рис. 4.2 Барабан жомосушильний марки А2-ПСА

1-шнек розвантажувальний; 2-барабан; 3-привід; 4-упорно-опорна станція; 5-зубчастий вінець; 6-привід; 7-упорна станція; 8-привід; 9-завантажувальний пристрій; 10,11-витяжні труби; 12,14-циклони; 13-люк для огляду; 15-клапан перекидний; 16-перехідний патрубков; 17-трубопровід; 18-корпус топки; 19-отвори у футеровці; 20-пальник; 21-кільцевий простір; 22- камера змішування.

Бандажі спираються на дві пари роликів опорної 7 і упорно-опорної 4 станцій. Кожна з цих станцій укріплена на зварній рамі. Упорні ролики служать для запобігання осьового зсуву барабана. У передній частині барабана з боку завантаження жому до внутрішньої поверхні барабана приварені перекидні лопатки, які служать для прийому жому, а також рівномірного розподілу його по перетину барабана. Решта внутрішнього об'єму барабана заповнений шістьма секціями хрестоподібних насадок, призначених для збільшення контакту жому з сушильним агентом. Насадки складаються із зварених хрестоподібно листів, поздовжні кромки яких відбортвані і збираються в секції. Кожна секція відокремлена одна від одної проміжками, рівними 600 мм, і складається з певної кількості насадок, з'єднаних з драбинами. Останні за допомогою болтів з'єднані з корпусом барабана. Крім цих хресто-видних насадок, між сходами до стінок корпусу кріпляться додатково насадки, які також служать для пересипання жому. Сходи цих насадок повинні бути жорстко скріплені між собою стяжками. Як і в початковій частині барабана, в проміжках між секціями приварені два ряди перекидних лопаток для прийому жому з однієї секції насадок і передачі його на наступну. На корпусі барабана є шість люків 13 для огляду, технічного обслуговування та ремонту барабана, які розташовані проти кожного проміжкв між секціями.

Зважаючи на високу температуру газу при вході в барабан перекидні лопатки, а також три перші секції хрестоподібних насадок разом з драбинами і стяжками виготовлені з термостійкої сталі. У вхідного кінця барабана розташована нерухома частина - завантажувальна камера з завантажувальним коробом для входу віджатого жому. Завантажувальна камера встановлюється в отворі задньої стінки топки і зсередини футерують

вогнетривкою цеглою. Задня сторона патрубка, звернена до топки, також захищена від гарячих газів каркасом з жароміцної нержавіючої сталі.

У коробі за допомогою болтів і хомутів закріплена труба, яка служить для подачі в барабан пара при загорянні жому.

У відкритий торець завантажувальної камери надходять газы, отримані в окремій топці. Для запобігання підсосів повітря на завантажувальній камері і на вивантажувальному пристрої встановлюються ущільнення. Вихідний кінець барабана входить в нерухому частину – розвантажувальний пристрій, який складається з блоків, з'єднаних між собою фланцевим з'єднанням.

У верхній частині завантажувального пристрою знаходяться два патрубка для вихода відпрацьованих газів. До цих патрубкам приєднується димосос.

Для регулювання кількості вихідних газів патрубки забезпечені шиберами. Обидва шибера приводяться в рух одночасно вручну. У середині вивантажувальної камери знаходиться улітка, за допомогою якої збільшується тривалість перебування жому у барабані. Улітка кріпиться до барабана і обертається разом з ним. Вона складається з двох бічних стінок, з'єднаних між собою спіральними лопатями, вигнутими по ходу обертання улітки. Бічні стінки мають отвори, рівні діаметру барабана. До зовнішньої поверхні улітки болтами кріпиться дванадцять скребків, рівномірно розташованих по колу, які транспортують жом до вивантажувального шнеку. Скребки можна переміщати, регулюючи зазор між внутрішньою поверхнею завантажувальної камери і самими скребками.

На бічній задній стінці улітки знаходиться пристрій, який сприяє збільшенню заповнення барабана висушеним жомом. Він складається з циліндричного патрубка, всередині якого розташовано двадцять секторних пластин, що утворюють в середині ще один отвір діаметром 1160 мм.

Секторні пластини можуть повертатися, збільшуючи або зменшуючи кількість вивантажувального жому, що дає можливість регулювати рівень жому, що знаходиться в барабані. Крім того, чотири пластини мають закриваючі отвори, котрі також служать для регулювання виходу жому. На стінках вивантажувального пристрою є чотири люка для технічного обслуговування і оглядове вікно для спостереження за технологічним процесом. На бічній стінці завантажувального пристрою є прямокутний патрубок, до якого приєднується шнек вивантаження сухого жому.

Барабан встановлюється горизонтально і приводиться в обертання приводом 6, що складається з електродвигуна, редуктора і зубчатої передачі.

Завантажувальний пристрій 9 призначене для переміщення віджатого жому від транспортного механізму жомосушильного відділення до барабану. Він представляє собою гвинтовий шнек довжиною 3600 мм, діаметром 700 мм і кроком витків 500 мм. Завантажувальна горловина виконана у вигляді зварного прямокутного короба, сполученого фланцевим роз'ємом з корпусом шнека. Для спостереження за потраплянням жому на горловині є чотири смотрових..вікна.

Привід 8 завантажувального пристрою складається з електродвигуна, варіатора і редуктора. Корпус шнека являє собою напівциліндричний короб зварної конструкції, зверху закритий кришкою. На кінці корпусу, протилежному приводу, приварений вивантажувальний патрубок, з'єднаний фланцевим з'єднанням з завантажувальної камерою барабана. Вал шнека змонтований на підшипниках кочення. Шнек розрахований на граничне переміщення 42 т / год жому при максимальному коефіцієнті заповнення 0,9. Кількість транспортуючого жому регулюється зміною частоти обертання вала шнека. Частота обертання вала шнека завантажувального пристрою плавно..регулюється..варіатором.



Шнек розвантажувальний 1 призначений для транспортування висушеного жому від барабана до передавальних транспортних механізмів складу готової продукції. Конструкції корпусу і шнека вивантажувального і завантажувального пристроїв аналогічні. Довжина вивантажувального шнека 6000 мм, діаметр 700 мм, крок витків 560 мм. На корпусі шнека є завантажувальний і розвантажувальних патрубків прямокутного перетину. Привід 3 має нерегульовану частоту обертання і складається з електродвигуна..і..редуктора.

Для запобігання забруднення навколишнього середовища подрібненим сухим жомом в жомосушительному барабані передбачені циклони 12 і 14, які вловлюють частинки сухого жому, що виносяться відпрацьованими газами. Відпрацьовані газу, потрапляючи в циклон, змінюють, напрямку руху та зменшують швидкість, завдяки чому частинки потрапляють в нижню конусну частину циклону, встановлену на чотирьох опорах, а газу несуться через його верхній патрубок у витяжні труби 10 і 11.

Витяжна труба слугує для відведення відпрацьованих газів в атмосферу. На верхньому кінці труби передбачений запобіжний зонту, що запобігає попадання атмосферних опадів всередину труби. Своім нижнім кінцем труба приєднується до циклону. Кожен циклон має свою витяжну трубу.

Під час модернізації на витяжні труби були встановлені перекидні клапани 15, за допомогою яких регулюється кількість рециркуляційних газів, які по трубопроводах 17 та через кільцевий простір 21 повертаються в камеру змішування 22. Регулювання заслонками здійснюється вручну.

Жомосушительний барабан працює таким чином. Від завантажувального пристрою через патрубок завантажувальної камери віджатиий жом з вмістом сухих речовин 18-20% і температурою 50°C надходить на перекидні лопатки

барабана. Одночасно з топки через завантажувальну камеру в барабан надходять димові гази, одержані при спалюванні мазуту чи газу. Температура газів при вході в барабан 600-900°C. Перекидні лопатки беруть жом і направляють його на хрестоподібні насадки, рівномірно розподіляючи по перетину барабана. Димові топкові гази з високою температурою стикаються з вологим жомом, при цьому відбувається інтенсивне випаровування вологи.

По всій довжині хрестоподібних насадок барабана жом переміщається під дією сили руху гарячих газів. З барабана жом лопадаєт всередину улітки вивантажувального пристрою, потім піднімається спіральною лопаттю на деяку висоту і зсипається з неї на нижню лопать. Цей процес повторюється до тих пір, поки рівень жому не досягне отвору, утвореного підпірними заслінками. Жом не може пройти через щілини між спіральними лопатями, так як вони загнуті по ходу обертання барабана і перекривають одна одну. Пройшовши...отвір,..утворений підпірними заслінками, жом надходить у нижню частину вивантажувального пристрою, звідки скребками улітки направляється..в..розвантажувальних..шнек.

Відпрацьовані гази з температурою 130-150°C через патрубки в вивантажувальній камері відсмоктуються димососом і надходять на циклон. За час перебування жому у барабані (45-60 хв) він висушується до остаточної вологості. Недосушений жом по спеціальному патрубку знову надходить у вивантажувальний..пристрій..на..досушування.

Завод-виробник оснащує жомосушильний барабан А2-ПСА приладами: двома термометр манометричний типу ТПГ-4 для контролю температури газів всередині барабана і тягоміри мембранним ТПП-52 для контролю розрідження газів на виході з барабана, створюваного димососом.

## 5. Вибір конструкційних матеріалів

### 5.1 Загальні вимоги

Вибір матеріалів, які застосовуються в харчовому машинобудуванні при виготовленні деталей та приготування, зберігання та транспортування харчових продуктів, зумовлений наступними основними факторами:

- допустимістю контакту з харчовими продуктами (токсичністю матеріалу);
- економічною доцільністю застосування;
- вимогами до надійності та довговічності устаткування.

При проектуванні машин та апаратів харчового машинобудування ці завдання вирішуються шляхом застосування конструкційних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, використання найбільш дешевих матеріалів, які відповідають вимогам конструкції, а також поєднання пар конструкційних матеріалів, що забезпечує найменшу можливість зношування поверхонь тертя. Довговічність визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним із основних шляхів збільшення терміну служби та надійності роботи машини є підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей.

По мірі зношування деталей в парах тертя збільшуються зазори, порушуються нормативна робота машини, виникає вібрація, ударні впливи на поверхні деталей.

Зношування деталей може призвести до їх руйнування, або внаслідок зношування поступово збільшуються змінні напруги, що може призвести до перевищення межі втомлюваності.

Вихід деталей з ладу внаслідок зношування також може призвести до простою машини, що порушує режим роботи на виробництві.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вибір конструкційних матеріалів</b>	<b>200380.КР.18.005 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/4

Зносостійкість сталі можна підвищити гартуванням з високим відпуском, а при більш високих навантаженнях – гартуванням з низьким відпуском.

Ефективний спосіб підвищення зносостійкості – цементація сталі з наступним гартуванням та низьким відпуском.

Поряд з металами і сплавами в харчовому машинобудуванні широке застосування знаходять вироби з полімерів та гуми.

Внаслідок сукупності технічних властивостей гумових матеріалів їх застосовують для амортизації, ущільнення та герметизації в умовах повітряних та рідинних середовищ, в виробництві тари для зберігання мастил та пального, стрічок конвеєрів, різноманітних трубопроводів.

Для захисту металів від корозії широко застосовуються лакофарбові матеріали. Лакофарбові матеріали належать до групи плівкоутворюючих матеріалів. Після нанесення в рідкому стані на поверхню вони утворюють плівку.

Захист виробів від впливу зовнішнього середовища лакофарбовими покриттями є найбільш доступним і широко застосовується в машинобудуванні. За допомогою захисного покриття термін експлуатації апаратури, обладнання, різноманітних металоконструкцій збільшується в декілька разів.

## 5.2. Вибір конструкційних матеріалів.

Вибір конструкційних матеріалів для жомосушільних установок являється одною з найважливіших задач при їх проектуванні. Крім відповідності вимогам щодо механічних властивостей, конструкційні матеріали повинні задовольняти також деякі специфічні вимоги, наприклад, відрізняється теплостійкістю, корозійною стійкістю, а також бути дешевими і недефіцитними.

Вибір матеріалу починається з уточнення робочих умов в апараті: температуру, тиск, хімічні властивості і концентрацію теплоносія, зміни навантажень. Тому необхідно вибирати такі матеріали, котрі відповідали б головним вимогам, які визначаються призначенням та умовами роботи обладнання.

В жомосушильному барабані внутрішній барабан з лопатками працює при температурах димових газів 750-900°C, при контакті з вологим продуктом та середовищем насиченим водяними парами. Тому для його виготовлення доцільно використати корозійностійку листову сталь марки 08X17T ГОСТ 5632-72, яка володіє високою жаростійкістю і жароміцністю. Сталь марки 12X18H10T ГОСТ 5632-72 володіє високою пластичністю та зварюваністю, що є необхідною умовою для виготовлення лопаток насадок і з'єднання їх між собою.

Для виготовлення осей опорних коліс використаємо вуглецеву якісну конструкційну сталь марки 45 ГОСТ 1050-74 , гарячекатану круглого перерізу діаметром 165 мм, звичайної точності прокату В по ГОСТ 2590-71, для холодної механічної обробки по всій поверхні підгрупи б, категорії 2. Готові вироби гартуються з високим відпуском до 197 НВ. Підшипникові опори виливаються з чавуну СЧ 15 ГОСТ 1412-79.

Опорні колеса, на яких обертається барабан, доцільно виготовити з поковок зі сталі 40 ГОСТ 1050-74 і піддати високому відпуску, після якого їх твердість становитиме 187 НВ. Твердість коліс повинна бути нижча ніж твердість бандажів, оскільки при зношенні робочих поверхонь, виготовлення та монтаж коліс значно дешевший. Для виготовлення бандажів приймаємо сталь Ст3, прокат прямокутний 165x265мм без термообробки, для якого твердість становить 217 НВ.

Таблиця 5.1

Матеріал і номер ГОСТ	Дата і номер дозволу	Використання
Сталь 08Х17Т ГОСТ 5632-72	18.07.1973р. 08с/Б7-128	Барабан жомосушильної установки
Сталь 12Х18 Н10Т ГОСТ 5632-72	29.01.1976р. 123-14/197-7	Лопатки насадок і з'єднання їх між собою
Сталь Ст40 ГОСТ 1050-74	16.05.1971р. 08с/Б7-128	Опорні колеса, на яких обертається барабан
Сталь 45 ГОСТ 1050-74	05.04.1963р. 08с/Б7-128	Осі опорних коліс
Чавун СЧ 15 ГОСТ 1412-79	30.11.1973р. 126-14/1040-3	Підшипникові опори
Сталь Ст3 ГОСТ 1050-74	22.09.1971р. 162-11/660-3	Прокат прямокутного перерізу 165-265х2мм для бандажів, 20х20х20мм для виготовлення рами привода

## 6. Розрахункова частина

### 6.1 Тепловий баланс

Тепловим балансом визначають надходження і витрату тепла в установку в процесі сушки, а також витрата палива. По витраті палива розраховують кількість повітря, що надходить в топку, і кількість відпрацьованого сушильного агента, а також підбирають топкові пристрої та допоміжне обладнання.

*Стандартна жомосушильна установка з використанням навколишнього повітря для охолодження топкових газів.*

Продуктивність барабана по сухому жому  $G_{с.ж}=7290$  кг/год; вміст сухих речовин у віджатому та сушеному жомі  $CB_1=20\%$ ,  $CB_2=88\%$  ( $W_1=80\%$ ,  $W_2=12$ ); температура газів в топочній камері  $\theta_{к.з}=1300^\circ\text{C}$ , температура газів в камері змішування  $\theta_{к.з}=950^\circ\text{C}$ , температура газів на виході з барабана  $\theta_{ух}=130^\circ\text{C}$ , температура навколишнього повітря  $\theta_{п}=30^\circ\text{C}$ , температуру віджатого жому  $\theta_{в.ж}=50^\circ\text{C}$ , температура сушеного жому  $\theta_{с.ж}=100^\circ\text{C}$ .

Кількість випареної вологи з бурякової стружки:

$$G_{H_2O} = G_{с.ж} \cdot \left( \frac{CB_2}{CB_1} - 1 \right) \quad (6.1.1)$$

$$G_{H_2O} = 7290 \cdot (88/20 - 1) = 24786 \text{ кг/год}$$

В якості палива служить природний газ. Теплота згорання:

$$Q_H^p = 35910 \text{ кДж/м}^3.$$

Теоретичні об'єми продуктів згорання при  $\alpha=1$ :

$$V^0 = 9.52; V_{RO_2}^0 = 1.00; V_{N_2}^0 = 7.52; V_{H_2O}^0 = 2.15; V_r^0 = 10.68.$$

Тепло що подається в топкову камеру з паливом:

$$Q_T = Q_H^p = 35910 \text{ кДж/м}^3.$$

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Миколай І.М.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Петреченко В.В.	Назва, додаткова назва <b>Розрахункова частина</b>	<b>200380.КР.18.006 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/27

Коефіцієнт використання тепла в топці :

$$\beta_T = 1 - (q_3 + q_5) / 100, \quad (6.1.2)$$

де  $q_3 = 1,5$ -втрати тепла від хімічного недопалу

$q_5 = 1,2$ -втрати тепла від навколишнього охолодження барабана

$$\beta_T = 1 - (1,5 + 1,2) / 100 = 0,973$$

Коефіцієнт надлишку повітря в топковій камері при  $Q_T = 1300^\circ\text{C}$ :

$$\alpha_T = 2920 \cdot \beta_T / \theta - 0,43, \quad (6.1.3)$$

де  $\beta_T$  – коефіцієнт використання тепла в топці;

$$\alpha_T = 2920 \cdot 0,973 / 1300 - 0,43 = 1,75$$

в камері змішування при  $\theta_{к.з} = 950^\circ\text{C}$

$$\alpha_{к.з} = 2920 \cdot 0,973 / 950 - 0,43 = 2,56$$

Коефіцієнт надлишку повітря на вході в сушильний барабан:

$$\alpha' = \alpha_{к.з} + \Delta\alpha'_{np}, \quad (6.1.4)$$

де  $\Delta\alpha'_{np} = 0,3$ - коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha' = 2,56 + 0,3 = 2,86$$

Коефіцієнт надлишку

$$\alpha'' = \alpha' + \Delta\alpha''_{np} \text{ повітря в розвантажувальній}$$

камері:

$$(6.1.5)$$

де  $\Delta\alpha''_{np} = 0,3$ - коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha'' = 2,86 + 0,3 = 3,16$$

Об'єм повітря що потрапляє в топкову камеру при спалюванні  $1 \text{ м}^3$  палива

$$V'_H = \alpha_T \cdot V^0 \quad (6.1.6)$$

$$V'_H = 1,75 \cdot 9,52 = 16,66 \text{ м}^3/\text{м}^3$$



в камері змішування:

$$V_{II}'' = (\alpha_{к.с} - \alpha_T) V^0 \quad (6.1.7)$$

$$V_{II}'' = (2,56 - 1,75) \cdot 9,52 = 7,7 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Тепло що поступає в топкову камеру і камеру змішування з повітрям

$$Q_B' = V_{II}' \cdot (c\theta)_B \quad (6.1.8)$$

$$Q_B'' = V_{II}'' \cdot (c\theta)_B$$

$c = 1,320 + (1,325 - 1,320) \cdot 30/100 = 1,48 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$  - теплоємність повітря;

де  $\theta$  - температура повітря.

$$Q_B' = 16,66 \cdot 1,48 \cdot 30 = 740 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

$$Q_B'' = 7,7 \cdot 1,48 \cdot 30 = 342 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Втрати тепла в топці від хімічного недопалу і в навколишнє середовище :

$$Q_3 = q_3 (Q_T + Q_B' + Q_B'') / 100 \quad (3.1.9)$$

$q_3$  – коефіцієнт хімічного недопалу:

$$Q_5 = q_5^T (Q_T + Q_B' + Q_B'') / 100$$

$$Q_3 = 0,5 \cdot (35910 + 740 + 342) / 100 = 185 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

$$Q_5 = 1 \cdot (35910 + 740 + 342) / 100 = 370 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Корисне

$Q_T^{кор} = I_T = Q_T + Q_B' - (Q_3 + Q_5^T)$  тепловиділення в камері згорання:

$$(6.1.10)$$

$$Q_T^{кор} = (35910 + 740) - (185 + 370) = 36100 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Ентальпія топкових газів на

$I_{к.с} = I_T + Q_B''$  виході з камери змішування:

$$(6.1.11)$$

$$I_{к.с} = 36100 + 342 = 36442 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Тепло повітря що всмоктується в сушильний барабан:

$$Q_{всм}' = \Delta \alpha' \cdot V^0 (c \cdot \theta)_B$$

(6.1.12)

$$Q'_{всм} = 0,3 \cdot 9,52 \cdot 1,48 \cdot 30 = 127 \text{ кДж/м}^3$$

Ентальпія газів на вході в барабан:

$$I'_{\bar{o}} = Q'_{\bar{o}} = I_{к.с} + Q'_{всм} \quad (6.1.13)$$

$$I'_{\bar{o}} = Q'_{\bar{o}} = 36442 + 127 = 36569 \text{ кДж/м}^3$$

Втрати тепла від зовнішнього охолодження барабана:

$$Q^{\bar{o}}_5 = q^{\bar{o}}_5 (Q_T + Q'_B + Q''_B) / 100 \quad (6.1.14)$$

де  $q^{\bar{o}}_5 = 1\%$  - втрати тапла від зовнішнього охолодження барабана

$$Q^{\bar{o}}_5 = 1,0 \cdot (35910 + 740 + 342) / 100 = 370 \text{ кДж/кг.}$$

Корисно використане тепло сушильного агента, що відноситься до 1 м<sup>3</sup> палива:

$$Q_{кор} = Q_1 = I' - Q^{\bar{o}}_5 - I_{ух} \quad (6.1.15)$$

$$Q_{кор} = 36569 - 370 - 5147 = 31052 \text{ кДж/м}^3.$$

Тепло, передане сушеному жому по відношенню до 1 м<sup>3</sup> випареної вологи:

$$q_{с.ж} = c_{с.ж} \cdot (t_{с.ж} - t_{в.ж}) \cdot CB_1 / (CB_2 - CB_1) \quad (6.1.16)$$

$$q_{с.ж} = 1,85 (100 - 50) \cdot 20 / (88 - 20) = 27,2 \text{ кДж/м}^3.$$

Ентальпія водяної пари при температурі газів на виході з барабану  $t = 130^\circ\text{C}$ :

$$i_{п} = 2500 + 1,857 \cdot t \quad (6.1.17)$$

$$i_{п} = 2500 + 1,857 \cdot 130 = 2741 \text{ кДж/кг}$$

Корисно використане тепло відносно 1 кг випареної вологи:

$$q_{кор} = i_n - c_{H_2O} \cdot t_{в.ж} + q_{с.ж} \quad (6.1.18)$$

$$q_{кор} = 2741 - (4,19 \cdot 50) + 27,2 = 2559 \text{ кДж/кг}$$

Випарувальна здатність палива:

$$u = Q_{кор} / q_{кор} \quad (6.1.19)$$

$$u = 31052/2559 = 12,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Витрати палива на жомосушильну установку:

$$B = G_{H_2O} / u \quad (6.1.20)$$

$$B = 24786/12,1 = 2041 \text{ м}^3/\text{год}$$

Маса видаленої вологи при отриманні 1 кг сушеного жому:

$$g_{H_2O} = CB_2 / CB_1 - 1 \quad (6.1.21)$$

$$g_{H_2O} = 88/20 - 1 = 3,4 \text{ кг/кг}$$

Тепло витрачене з установки з сушенням жомом:

$$Q_{c.ж} = u \cdot C_{c.ж} \cdot t_{c.ж} / g_{H_2O} \quad (6.1.22)$$

$$Q_{c.ж} = 12,1 \cdot 1,85 \cdot 100 / 3,4 = 658 \text{ кДж/кг}$$

Тепло що поступило в установку з віджатим жомом:

$$Q_{o.ж} = u \cdot (C_{H_2O} + (C_{o.ж} / g_{H_2O})) \cdot t_{o.ж} \quad (6.1.23)$$

$$Q_{o.ж} = 12,1 \cdot (4,19 + (1,85/3,4)) \cdot 50 = 2861 \text{ кДж/кг}$$

Корисно використане тепло процесу сушки:

$$Q_1 = Q_{кор} + Q_{o.ж} - Q_{c.ж} \quad (6.1.24)$$

$$Q_1 = 31052 + 2861 - 658 = 33255 \text{ кДж/кг}$$

Годинна витрата повітря що подається в камеру згорання:

$$V_T^B = B \cdot V_B' \quad (6.1.25)$$

$$V_T^B = 2041 \cdot 16,66 = 34003 \text{ м}^3/\text{ч}$$

та в камері змішування:

$$V_{K.C}^c = B \cdot V_B'' \quad (6.1.26)$$

$$V_{K.C}^c = 2041 \cdot 7,7 = 15716 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Об'єм продуктів згорання 1м<sup>3</sup> палива при α=3,1:

$$V_T = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) V^0 \quad (6.1.27)$$

$$V_T = 1,00 + 7,52 + 2,15 + (3,1 - 1) \cdot 9,52 = 30,6 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

Годинна витрата відпрацьованого сушильного агенту:

$$V_{e.a} = B \cdot (V_T + u / \rho_{H_2O}) \quad (6.1.28)$$

$$V_{e.a} = 2041 \cdot (30,6 + 12,1 / 0,804) = 93171 \text{ м}^3/\text{год}$$

*Тепловий баланс модернізованої сушильної установки з рециркуляцією відпрацьованого сушильного агенту при тих же даних.*

Умовний коефіцієнт надлишку повітря за димососом:

$$\alpha''_y = \alpha_T + \Delta\alpha'_{\text{прис}} + \Delta\alpha''_{\text{прис}} \quad (6.1.29)$$

де  $\Delta\alpha''_{\text{пр}} = 0,3$  - коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha''_y = 1,7 + 0,3 + 0,3 = 2,3$$

Об'ємний склад продуктів згорання газу при  $\alpha = 1$ ;

$$V^0 = 9,52; V_{RO_2}^0 = 1,00; V_{N_2}^0 = 7,52; V_{H_2O}^0 = 2,15; V_r^0 = 10,68.$$

Об'єм продуктів згорання  $1 \text{ м}^3$  палива при  $\alpha''_y = 2,3$  визначається за формулою:

$$V_{yx} = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) V^0 \quad (6.1.30)$$

$$V_{yx} = 1,00 + 7,52 + 2,15 + (2,3 - 1) \cdot 9,52 = 23 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

Величину випарної здатності палива при рециркуляції відпрацьованого сушильного агенту приймаємо на 6% більше, чим без рециркуляції, тобто  $u = 6 \cdot 12,1 / 100 + 12,1 = 13,23 \text{ кг}/\text{м}^3$ , де 12,1 – випарна здатність газу.

Об'єм випареної вологи з жому відносно  $1 \text{ м}^3$  палива:

$$V'_{H_2O} = u / \rho_{H_2O}, \quad (6.1.31)$$

де  $\rho_{H_2O} = 0,804$  – густина водяної пари,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

$$V'_{H_2O} = 13,23 / 0,804 = 16,5 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Теплоємність рециркуляційних газів при  $\theta_{p,r} = 120^\circ\text{C}$  і  $\theta_{k,z} = 950^\circ\text{C}$

$$c_{p,z} = c_{CO_2} \cdot V_{RO_2} + c_{N_2} \cdot V_{N_2}^0 + c_{H_2O} \cdot (V_{H_2O}^0 + V_{H_2O}^1) + c_B \cdot V_B / (V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + V_{H_2O}^1 + V_B) \quad (6.1.32)$$

$$c_{p,z_{120}} = (1,719 \cdot 1 + 1,297 \cdot 7,52 + 1,509 \cdot (2,15 + 16,5) + 1,327 \cdot 12,38) / (1 + 7,52 + 2,15 + 16,5 + 12,38) = 1,417 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

$$c_{p,z_{950}} = (2,188 \cdot 1 + 1,386 \cdot 7,52 + 1,711 \cdot (2,15 + 16,5) + 1,432 \cdot 12,38) / (1 + 7,52 + 2,15 + 16,5 + 12,38) = 1,573 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

Теплоємність топкових газів при  $\theta_T = 1300^\circ\text{C}$ :

$$c_T = 1,55 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

Кратність змішування:

$$K_p = (c_T \cdot \theta_T + c_{k.c} \cdot \theta_{k.c}) / (c_{k.c} \cdot \theta_{k.c} - c_{p,z} \cdot \theta_{p,z}) \quad (6.1.33)$$

$$K_p = (1,56 \cdot 1300 - 1,573 \cdot 950) / (1,573 \cdot 950 - 1,417 \cdot 120) = 0,421$$

Об'єм топочних газів, отриманих від спалювання  $1 \text{ м}^3$  палива:

$$V_T = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) V^0 \quad (6.1.34)$$

$$V_T = 1,00 + 7,52 + 2,15 + (1,7 - 1) \cdot 9,52 = 17,3 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

Об'єм рециркуляційних газів, відносно спалювання  $1 \text{ м}^3$  палива:

$$V_{p,z} = K_p \cdot V_T \quad (6.1.35)$$

$$V_{p,z} = 0,421 \cdot 17,3 = 7,3 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Тепло що надходить в камеру змішування з рециркуляційними газами:

$$Q_{p,z} = c_{p,z} \cdot V_{p,z} \cdot \theta_{p,z} \quad (6.1.36)$$

$$Q_{p,z} = 1,417 \cdot 7,3 \cdot 120 = 1238 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Перевідний коефіцієнт  $\beta$ :

$$\beta = V_{p,z} / (V_{yx} + V_{H_2O}^M) \quad (6.1.37)$$

$$\beta = 7,3 / (23 + 16,5) = 0,185$$

Об'ємна суміш газів, що виходять з камери змішування по відношенню до  $1 \text{ м}^3$  палива:

$$V_{RO_2}^{k.c} = (1 + \beta) \cdot V_{RO_2} \quad (6.1.38)$$

$$V_{RO_2}^{k.c} = 1,185 \cdot 1 = 1,185 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{N_2}^{k.c} = (1 + \beta) \cdot V_{N_2}^0$$

$$V_{N_2}^{k.c} = 1,185 \cdot 7,52 = 8,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{H_2O}^{k.c} = (1 + \beta) \cdot V_{H_2O}^0 + \beta \cdot V_{H_2O}^M$$

$$V_{H_2O}^{k.c} = 1,185 \cdot 2,15 + 0,185 \cdot 16,5 = 5,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_B^{k.c} = (\alpha_T - 1) \cdot V_0 + (\alpha_{yx} - 1) \cdot \beta \cdot V^0$$

$$V_B^{k.c} = (1,7 - 1) \cdot 9,52 + (2,3 - 1) \cdot 0,185 \cdot 9,52 = 8,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Об'єм повітря в складі газів, що потрапляють в сушильний барабан і розвантажувальну камеру з врахуванням присосів:

$$V'_B = V_B^{k.c} + V'_{прис} \quad (6.1.39)$$

$$V''_B = V'_B + V''_{прис}$$

$$V''_{прис} = \Delta\alpha'' \cdot V^0 \quad (6.1.40)$$

$$V'_{прис} = \Delta\alpha' \cdot V^0$$

$$V'_{прис} = 0,3 \cdot 9,52 = 2,856 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V''_{прис} = 0,3 \cdot 9,52 = 2,856 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$V'_B = 8,9 + 2,856 = 11,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V''_B = 11,8 + 2,856 = 14,7 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Ентальпія газів в камері змішування при температурі 1000, 900, 800°C

$$I_{к.з1000} = 2204 \cdot 1,158 + 1395 \cdot 8,9 + 1726 \cdot 5,6 + 1437 \cdot 8,9 = 37482 \text{ кДж/кг}$$

$$I_{к.з900} = 1952 \cdot 1,185 + 1244 \cdot 8,9 + 1525 \cdot 5,6 + 1282 \cdot 8,9 = 33334 \text{ кДж/кг}$$

$$I_{к.з800} = 1705 \cdot 1,185 + 1094 \cdot 8,9 + 1337 \cdot 5,6 + 1131 \cdot 8,9 = 29310 \text{ кДж/кг}$$

Ентальпія газів на вході в барабан при температурі 1000, 900, 800°C і на виході з барабану при температурі 200, 100°C.

$$I'_{1000} = 2204 \cdot 1,158 + 1395 \cdot 8,9 + 1726 \cdot 5,6 + 1437 \cdot 11,8 = 41649 \text{ кДж/кг};$$

$$I'_{900} = 1952 \cdot 1,185 + 1244 \cdot 8,9 + 1525 \cdot 5,6 + 1282 \cdot 11,8 = 37052 \text{ кДж/кг};$$

$$I'_{800} = 1705 \cdot 1,185 + 1094 \cdot 8,9 + 1337 \cdot 5,6 + 1131 \cdot 11,8 = 32590 \text{ кДж/кг};$$

$$I''_{200} = 358 \cdot 1,185 + 260 \cdot 8,9 + 305 \cdot 5,6 + 266 \cdot 11,8 = 7585 \text{ кДж/кг};$$

$$I''_{100} = 170 \cdot 1,185 + 130 \cdot 8,9 + 151 \cdot 5,6 + 132 \cdot 11,8 = 3761 \text{ кДж/кг};$$

Ентальпія газів в розвантажувальній камері при температурі 200, 100°C

$$I'_{yx200} = 351 \cdot 1,185 + 260 \cdot 8,9 + 305 \cdot 5,6 + 266 \cdot 14,7 = 8349 \text{ кДж/кг}$$

$$I'_{yx100} = 170 \cdot 1,185 + 130 \cdot 8,9 + 151 \cdot 5,6 + 132 \cdot 14,7 = 4144 \text{ кДж/кг}$$

Ентальпія газів на виході з камери змішування:

$$I_{к.з} = Q_{кор}^T + Q_{оз} \quad (6.1.41)$$

$$I_{к.з} = 36100 + 1238 = 37338 \text{ кДж/м}^3$$

Ентальпія газів на вході в сушильний барабан:

$$I_6 = 37338 + 127 = 37465 \text{ кДж/кг}$$

Втрати тепла від навколишнього охолодження барабану:

$$Q_5^{\delta} = q_5^{\delta} (Q_T + Q_B' + Q_B'') / 100 \quad (6.1.42)$$

$$Q_5^{\delta} = 1 \cdot (35910 + 740 + 342) / 100 = 370 \text{ кДж/м}^3$$

Корисно використане тепло сушильного агента, що відноситься до 1 м<sup>3</sup> палива:

$$Q_{кор} = Q_1 = I' - Q_5^{\delta} - I_{yx} \quad (6.1.43)$$

$$Q_{кор} = Q_1 = 37465 - 370 - 5348 = 31847 \text{ кДж/м}^3$$

Випаровувальна здатність палива:

$$u = Q_{кор} / q_{кор} \quad (6.1.44)$$

$$u = 31847 / 2559 = 12,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Витрати палива на жомосушильну установку:

$$B = G_{H_2O} / u \quad (6.1.45)$$

$$B = 24786 / 12,5 = 1980 \text{ м}^3/\text{год}$$

Тепло витрачене з установки з сушенням жомом:

$$Q_{c.ж} = u \cdot C_{c.ж} \cdot t_{c.ж} / g_{H_2O} \quad (6.1.46)$$

$$Q_{c.ж} = 12,5 \cdot 1,85 \cdot 100 / 3,4 = 680 \text{ кДж/кг}$$

Тепло що поступило в установку з віджати́м жомом:

$$Q_{в.ж} = u \cdot (C_{H_2O} + (C_{o.ж} / g_{H_2O})) \cdot t_{o.ж} \quad (6.1.47)$$

$$Q_{в.ж} = 12,5 \cdot (4,19 + (1,85 / 3,4)) \cdot 50 = 2959 \text{ кДж/кг};$$

Корисно використане

$$Q_1 = Q_{кор} + Q_{в.ж} - Q_{c.ж} \text{ тепло процесу сушки:}$$

$$(6.1.48)$$

$$Q_1 = 31847 + 2959 - 680 = 34126 \text{ кДж/кг}$$

Годинна витрата

$$V_{p.z} = B \cdot V_{yx} \text{ рециркуляційних газів:}$$

$$(6.1.49)$$

$$V_{p.z} = 1980 \cdot 7,3 = 14454 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годинна витрата газів в димососі:

$$V_{o.a}^z = B \cdot (V_{yx} + u / \rho_{H_2O}) + V_{p.z}^z \quad (6.1.50)$$

$$V_{o.a}^z = 1980 \cdot (23 + 12,5 / 0,804) + 14454 = 90777 \text{ м}^3/\text{год}$$

Як видно з розрахунків, використання відпрацьованого сушильного агента дозволяє зменшити витрати палива в жомосушильному барабані на 3% ( $100 \cdot (2041 - 1980) / 2041$ ) в порівнянні з витратою палива в установці без рециркуляції.

## 6.2 Конструкційний розрахунок

Розрахунок сушильного барабана при продуктивності 175 т/доб.



Об'єм сушильного барабана  $V$  ( $\text{м}^3$ ) знаходиться виходячи з величини напруження сушильного простору барабана по вологості  $V = W / A$ , напруження сушильного простору барабана по вологості приймається згідно норми . Ситова частина барабана в об'єм його при розрахунку не входить.

Кількість випареної вологи з бурякової стружки:

$$G_{H_2O} = G_{c.ж} \cdot \left( \frac{CB_2}{CB_1} - 1 \right) \quad (6.2.1)$$

Де  $G_{c.ж}$  - продуктивність барабану по сушеному жому;

$$G_{H_2O} = 7290 \cdot (88/20 - 1) = 24786 \text{ кг/год}$$

Діаметр барабана:

$$D^{\phi} = 0,635 \cdot \sqrt[3]{G_{H_2O} / A} \quad (6.2.2)$$

$$D^{\phi} = 0,635 \cdot \sqrt[3]{24786 / 160} = 3,4 \text{ м, приймаємо } 3,5 \text{ м}$$

Довжина барабана при  $l/D=5,5$  рівна  $L=5,5 \cdot 3,5=19,3 \text{ м, приймаємо } 20 \text{ м}$

Об'єм барабана сушарки :

$$V = \pi D^2 l / 4 = 3.15 \cdot 3.5^2 \cdot 20 / 4 = 192 \text{ м}^3 \quad (6.2.3)$$

Дійсна волого напруга об'єму барабана:

$$A = 24786 / 192 = 130 \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.2.4)$$

Тривалість процесу сушіння :

Середня насипна густина жому:

$$\rho_{cp} = (\rho_1 - \rho_2) / \ln(\rho_1 / \rho_2) \quad (6.2.5)$$

$$\rho_{cp} = (340 - 230) / \ln(340 / 230) = 280 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_1 = 340 \text{ кг/м}^3; \rho_2 = 230 \text{ кг/м}^3$$

$$\tau = 2 \cdot \frac{\beta \cdot \rho_{cp}}{A} \cdot \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{(200 - (\omega_1 + \omega_2))} \quad (6.2.6)$$

де  $\omega_1$ -вологість у віджатому жомі;

$\omega_2$ -вологість у сушеному жомі;

$\beta$ - коефіцієнт заповнення барабану;

$$\tau = 2 \cdot \frac{0,22 \cdot 280}{130} \cdot \frac{(80 - 12)}{(200 - (80 + 12))} = 0,59 \text{ год} = 36 \text{ хв}$$

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

Визначаємо кількість води в % випаруваної при сушінні жому:

$$\omega = 88 - 22/88 \cdot 100 = 75\%$$

Визначаємо продуктивність сушарки по вологому жому:

$$G_{в.ж} = G_{с.ж} \cdot \frac{100 - W_2}{100 - W_1} = 175 \cdot \frac{100 - 12}{100 - 82} = 855 \text{ т / добу} = 35648 \text{ кг / год} \quad (6.2.7)$$

Визначаємо масу віджатого жому, що проходить через сушарку за час сушіння  $\tau$ :

$$M_{в.ж} = G_{в.ж} \cdot \tau = 35648 \cdot 0,59 = 21032 \text{ кг} \quad (6.2.8)$$

При вологості віджатого жому  $W_{в.ж} = 82\%$  ( $W_{в.ж} = 455,6\%$ ), його насипна маса становить  $\rho_n = 350 \text{ кг/м}^3$ ,

тоді маємо об'єм 
$$V_{в.ж} = \frac{M_{в.ж}}{\rho} = \frac{21032}{350} = 60 \text{ м}^3 \quad (6.2.9)$$

Приймаємо, що середня вологість жому у барабані становить  $W = 50\%$ ,

тоді об'ємна усадка жому в процесі сушіння становитиме  $\delta=65\%$   
Визначимо об'єм та середню площу поперечного перерізу жому в барабані:

$$V=V_{в.ж}(1-\delta)=60(1-0,65)=21\text{ м}^3; \quad (6.2.10)$$

$$S = \frac{V}{L} = \frac{21}{20} = 1.05 \text{ м}^2; \quad (3.2.11)$$

де  $L=20\text{м}$ - довжина барабана.

Визначаємо площу поперечного перерізу  $S'$  барабана без продукту:

$$S' = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 3.5^2}{4} = 9.6 \text{ м}^2; \quad (6.2.12)$$

де  $D$ - діаметр барабана.

Визначаємо площу вільного перерізу барабана з продуктом:

$$F=S'-S=9.6-1.05=8.55\text{ м}^2 \quad (6.2.13)$$

### 6.3 Розрахунок на міцність барабана сушарки

Барабан має дві опорні станції. Діаметр барабана  $D=3500\text{мм}$ ; довжина  $L=2000\text{мм}$ ; коефіцієнт заповнення барабана  $\beta=0,22$ ; Насипна щільність барабану  $280 \text{ кг/м}^3$ ;

Маса матеріалу що знаходиться в сушарці:

$$m_{жс} = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_o^2}{4} \quad (6.3.1)$$

$$m_{жс} = \frac{0,22 \cdot 280 \cdot 20 \cdot 3,14 \cdot 3,5^2}{4} = 11847 \text{ кг}$$

Сумарна маса барабану та жому:

$$m=m_b+m_{жс}=85000+11847=96847 \text{ кг};$$

Лінійне навантаження:

$$q = \frac{mg}{L} = \frac{96847 \cdot 9.81}{20} = 47516 \text{ Н / м} \quad (6.3.2)$$

Визначаємо опорні реакції в вертикальній площині (рис.6.3.1)

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

$$R_{By} = \frac{-47516 \cdot 2 \cdot 4 + 15000 \cdot 2 + 47516 \cdot 8 \cdot 16}{12} = 477660 \text{ Н}$$

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

$$R_{Ay} = \frac{-47516 \cdot 2 \cdot 4 + 15000 \cdot 10 + 47516 \cdot 8 \cdot 16}{12} = 487660 \text{ Н}$$

Перевірка:  $\sum F_y = R_A - P + R_B - q \cdot l = 487660 - 15000 + 477660 - 47516 \cdot 20 = 0$

Визначаємо навантаження на опори:

$$Q_c = 0;$$

$$Q_A = -q \cdot a_1 = -47516 \cdot 4 = -190064 \text{ Н};$$

$$Q_A' = -q \cdot a_1 + R_A = -47516 \cdot 4 + 487660 = 677724 \text{ Н}$$

$$Q_D = -q \cdot (a_1 + a_2) + R_A = -47516 \cdot 6 + 487660 = 202564 \text{ Н}$$

$$Q_D' = -q \cdot (a_1 + a_2) + R_A - P = -47516 \cdot 6 + 487660 - 15000 = 187564 \text{ Н}$$

$$Q_B = -q \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + R_A - P = -47516 \cdot 16 + 487660 - 15000 = -287596 \text{ Н}$$

$$Q_B' = -q \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + R_A - P + R_B = -47516 \cdot 16 + 487660 - 15000 + 477660 = 190064 \text{ Н}$$

$$Q_E = -q \cdot (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) + R_A - P + R_B = -47516 \cdot 20 + 487660 - 15000 + 477660 = 0 \text{ Н}$$

Визначаємо згинальні моменти у вертикальній площині:

$$M_c = 0;$$

$$M_A = -q \cdot \frac{a_1}{2} \cdot a_1 = -47516 \cdot 8 = -380128 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_D = -q \cdot \frac{(a_1 + a_2)}{2} \cdot (a_1 + a_2) + R_A \cdot a_2 = -47516 \cdot 18 + 487660 \cdot 2 = -120032 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_B = -q \cdot \frac{(a_1 + a_2 + a_3)}{2} \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + R_A \cdot (a_2 + a_3) - P \cdot a_3 = -47516 \cdot 128 + 487660 \cdot 12 - 15000 \cdot 10 = -380128 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_E = -q \cdot \frac{(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)}{2} \cdot (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) + R_A \cdot (a_2 + a_3 + a_4) - P \cdot (a_3 + a_4) + R_B \cdot a_4 = -47516 \cdot 200 + 487660 \cdot 16 - 15000 \cdot 14 + 477660 \cdot 4 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Максимальний згинальний момент, який діє на барабан становить  
 $M=380128 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Момент опору перерізу барабану:

$$W = \frac{S_o \cdot \pi \cdot D^2}{4} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 3.14 \cdot 3.5^2}{4} = 0.19 \text{ м}^3; \quad (6.3.3)$$

Напруження в корпусі барабана:

$$\sigma = \frac{M_{MAX}}{W} = \frac{380128}{0.19} = 2000673 \text{ Па} = 2 \text{ МПа} \quad (6.3.4)$$

Умова міцності виконується  $\sigma < [\sigma]$   
 $2 \text{ МПа} < 10 \text{ МПа}$

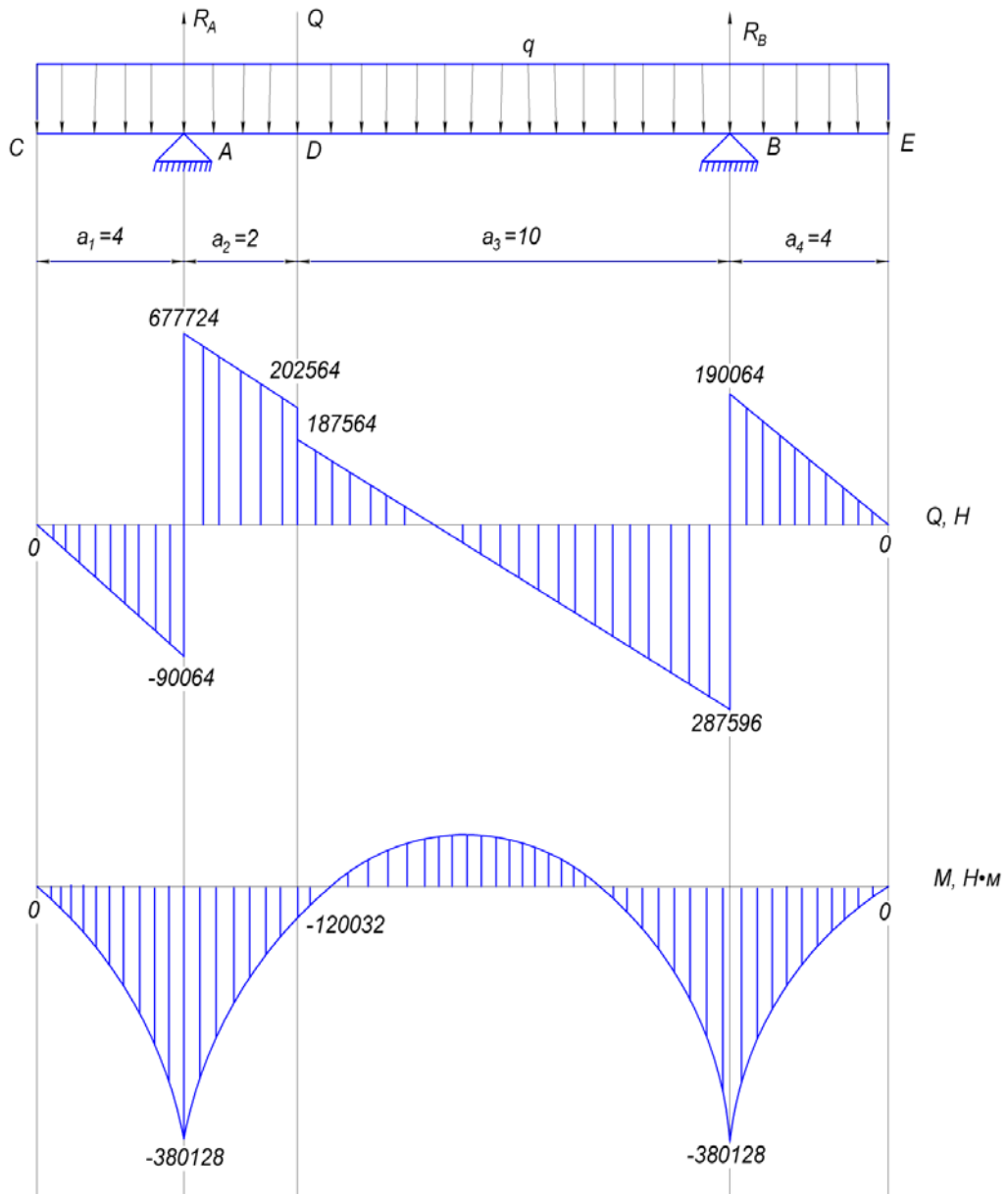


Рис. 6.3.1 Епюри згинальних моментів

#### 6.4 Визначення потужності приводу

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

$$N = \frac{N_0 + N_1 + N_2 + N_3}{\eta}, \quad (6.4.1)$$

де  $N_0$ -потужність необхідна для подолання тертя між зубчастим вінцем і колесом, кВт;

$N_1$ - потужність на подолання тертя ковзання цапф зубчастого колеса в підшипниках, кВт;

$N_2$  - потужність на підйом жому відповідно в середину барабана і у верхню частину барабана;

$N_3$  - потужність на підйом жому в барабан до кута природного підкосу та на перемішування, кВт;

$\eta$  – загальний ККД приводу;

Визначаємо масу жому в барабані при номінальному режимі роботи сушарки;

$$m_{жс} = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_6^2}{4} \quad (6.4.2)$$

$$m_{жс} = \frac{0,22 \cdot 280 \cdot 20 \cdot 3,14 \cdot 3,5^2}{4} = 11847 \text{ кг}$$

Відповідно до окремих розрахунків маса барабану без продукту становить  $M_6=85000$ кг. Барабан підтримується на 4 опорних роликах:  $z=4$ . Кут розміщення коліс відносно вертикальної осі барабана становить  $\alpha=30^\circ$ .  
Визначаємо реакцію зубчатого колеса:

$$P \frac{(M + M_6)g}{z \cdot \cos \alpha} = \frac{(11847 + 85000)9.81}{4 \cdot \cos 30^\circ} = 274586.4 \text{ Н} \quad (6.4.3)$$

Визначаємо  $N_0$  за формулою:

$$N_0 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_6}{D_k} \cdot P \cdot \mu \cdot z \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (6.4.4)$$

де  $D_в$  і  $D_к$  - діаметри відповідно зубчатого вінця і зубчатого колеса, м.  
відповідно до конструктивних особливостей барабану сушарки приймаємо

$$D_в = 4,3 \text{ м}; D_к = 0,7 \text{ м}.$$

$\mu$ - коефіцієнт тертя. При коченні сталі по сталі  $\mu=5 \cdot 10^{-3}$ .

$\pi$ - частота обертання барабану, об/с.  $\pi=1,75\text{об/хв.} = 0,029\text{об/с}$

Тоді

$$N_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{4,3}{0,7} \cdot 274586,4 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 0,029 = 0,614 \text{кВт}$$

Визначаємо  $N_1$  за формулою:

$$N_1 = \frac{D_s}{D_k} \cdot \pi \cdot d_{ц} \cdot P \cdot f \cdot z \cdot n ; \quad (6.4.5)$$

де  $d_{ц}$  – діаметр цапф валів опорного колеса, м;

Приймаємо  $d_{ц} = 0,16\text{м}$ ,

$f$  – коефіцієнт тертя в підшипниках. Для підшипників качення  $f=0.015$ .

тоді

$$N_1 = \frac{4,3}{0,7} \cdot 3,14 \cdot 0,16 \cdot 274586,4 \cdot 0,015 \cdot 4 \cdot 0,029 = 1,47 \text{кВт}$$

Визначаємо  $N_2$  за формулою:

$$N_2 = \frac{M \cdot g \cdot h}{1000 \cdot t} ; \quad (6.4.6)$$

де  $h$  – середня висота підйому часток матеріалу, м.  $h = 0,6 \cdot D$ :

$$h = 0,6 \cdot 3500 = 2100 \text{мм} = 2,1 \text{м}$$

Час підйому матеріалу на висоту  $h$  визначається за формулою:

$$t = \frac{\varphi}{\omega}, \quad (6.4.7)$$

де  $\varphi$  – кут підйому матеріалу, рад

$$\varphi = 180^\circ - \arccos\left(\frac{2 \cdot h}{D} - 1\right) = 180 - \arccos\left(\frac{2 \cdot 2,1}{3,5} - 1\right) = 101,54^\circ = 1,77 \text{рад} \quad (6.4.8)$$

Кутова швидкість барабану становить:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1,75}{30} = 0,183 \text{рад/с}; \quad (6.4.9)$$

Підставляючи дані отримаємо:



$$N_2 = \frac{M \cdot g \cdot h}{1000 \cdot t} = \frac{11847 \cdot 9,81 \cdot 2,1 \cdot 0,183}{1000 \cdot 1,77} = 25,23 \text{кВт}$$

Визначаємо  $N_3$  всередині барабана за формулою:

$$N_3 = N_{\text{під}} + N_{\text{зміш}} \quad (6.4.10)$$

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

$N_{\text{зміш}}$  = потужність необхідна для підйому продукту вище кута природного відкосу, кВт;

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

$$N_{\text{під}} = \frac{M \cdot g \cdot R \cdot (1 - \cos \psi) \cdot \omega}{1000 \cdot \psi}; \quad (6.4.11)$$

де  $R_0$ - радіус центра ваги насипу продукту в барабані, м. Товщина шару жому в барабані  $H=0,8$ м. Тоді  $R_0=H/2=0,4$ м.

$\Psi$  – кут природного відкосу, рад;  $\psi=48^\circ=0,838$ рад:

тоді

$$N_{\text{під}} = \frac{11845 \cdot 9,81 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,999) \cdot 0,183}{1000 \cdot 0,838} = 10,1 \text{кВт}$$

Визначаємо  $N_{\text{зміш}}$

$$N_{\text{зміш}} = M \cdot g \cdot R \cdot \sin \psi \cdot \omega \cdot 10^3 = 11845 \cdot 9,81 \cdot 0,4 \cdot 0,015 \cdot 0,183 \cdot 10^3 = 0,127 \text{кВт}; \quad (6.4.12)$$

тоді

$$N_3 = 10,1 + 0,127 = 10,227 \text{кВт};$$

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії приводу за формулою:

$$\eta = \eta_{\phi}^2 \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_m^4 \cdot \eta_p, \quad (6.4.13)$$

де  $\eta_{\phi}$  – ККД зубчастої передачі = 0,94

$\eta_n$  – ККД підшипників = 0,994

$\eta_m$  – ККД муфти компенсуючої = 0,992

$\eta_p$  – ККД редуктора. Для трьохступінчастого редуктора = 0,97.

Підставляючи дані отримаємо:

$$\eta = 0,94^2 \cdot 0,994^2 \cdot 0,992^2 \cdot 0,97 = 0,82$$
$$N = \frac{0,614 + 1,47 + 25,23 + 10,23}{0,82} = 46,23 \text{ кВт}$$

По каталогу підбираємо асинхронний трифазний двигун типу АО2-92-6, для якого  $N_{д} = 55 \text{ кВт}$ , частота обертання  $735 \text{ об/хв}$ .

### 6.5 Кінематичний розрахунок

Визначаємо загальне передаточне число приводу:

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_6} = \frac{735}{1,75} = 418 \quad (6.5.1)$$

Визначаємо передаточне число зубчастої передачі:

$$U_3 = \frac{D_г}{D_к} = \frac{4,3}{0,7} = 7,8 \quad (6.5.2)$$

Визначаємо передаточне число редуктора:

$$U = \frac{U}{U_3} = \frac{418}{7,8} = 53 \quad (6.5.3)$$

По каталогу підбираємо редуктор Ц2У-400Н-25-12

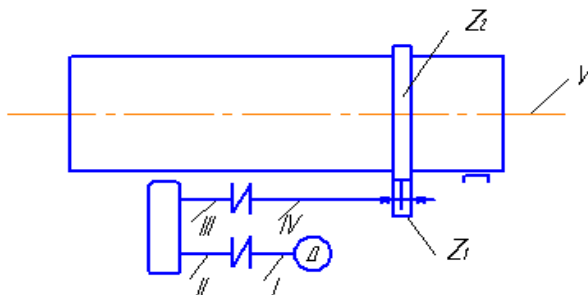


Рис. 6.5.1 Кінематична схема приводу барабана.

Визначаємо потужності на валах приводу (рис 6.5.1) ;

$$N_{\text{дв}} = N_1 = 55 \text{ кВт} .$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{м}} = 55 \cdot 0,992 = 54,56 \text{ кВт} .$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_p = 54,56 \cdot 0,97 = 52,9 \text{ кВт} .$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_m = 52,9 \cdot 0,992 = 52,49 \text{ кВт}.$$

$$N_5 = N_4 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_{II}^2 = 52,49 \cdot 0,94^2 \cdot 0,994^2 = 45,82 \text{ кВт}.$$

Визначаємо частоту обертання валів приводу:

$$n_1 = n_2 = 735 \text{ об/хв.}$$

$$n_3 = n_4 = n_2 / U_{ред.} = 735 / 53 = 13,87 \text{ об/хв.}$$

$$n_5 = n_4 / I_{зуб.пер.} = 13,87 / 7,8 = 1,77 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо кутові швидкості валів:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 735}{30} = 73,93 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 73,93 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 13,87}{30} = 1,45 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_4 = \omega_3 = 1,45 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_5 = \frac{\pi \cdot n_5}{30} = \frac{3,14 \cdot 1,77}{30} = 0,18 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

Визначення крутного моменту на валах механізму ;

$$T_1 = N_1 / \omega_1 = 55 / 73,93 = 743 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_m = 743 \cdot 0,992 = 738 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

$$T_3 = T_2 \cdot U_p \cdot \eta_p = 738 \cdot 53 \cdot 0,97 = 37940 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

$$T_4 = T_3 \cdot \eta_m = 37940 \cdot 0,992 = 37637 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

$$T_5 = T_4 \cdot U_{\phi} \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_{II}^2 = 37637 \cdot 7,8 \cdot 0,94^2 \cdot 0,994^2 = 256293 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

Результати розрахунків заносим в таблицю 3.5.1

Таблиця 6.5.1

№ валу	N,кВт	n,об/хв	$\omega, \frac{рад}{с}$	T,Н·м	U
1	55	735	73,93	743	-
2	54,56	735	73,93	738	55
3	52,9	13,87	1,45	37940	
4	52,49	13,87	1,45	37637	7,8
5	45,82	1,77	0,18	256293	

#### 6.6. Розрахунок шнекового транспортера

Шнекові пристрої (транспортери) широко застосовують як завантажувальні так і розвантажувальні. Кожний такий пристрій являє собою циліндричний кожух, всередині якого розміщений шнек. Кожух має приймальний бункер і спеціально оформлений отвір (матриця, сопло, мундштук). Кожний пристрій оснащений приводом.

З досвіду роботи відомо, що під дією гвинтової поверхні шнека, транспортуючий матеріал рухається не паралельно його вісі, а гвинтоподібно зі змінною швидкістю в осьовому та радіальному напрямках в залежності від відстані частинок матеріалу до вісі шнека, від коефіцієнта тертя і величини протитиску.

Розрахувати та сконструювати шнек, якщо відома продуктивність шнекового пристрою  $\Pi = 11,6$  кг/с, максимальний тиск  $P_{\max} = 150$  кПа, коефіцієнти внутрішнього тертя продукту (віджати жом)  $t = 0,3$ , густина віджатого жому,  $q = 320$  кг/м<sup>3</sup>. Зовнішній діаметр шнека  $D$  приймаємо рівним 700 мм, а крок:

$$H = 0,8 \cdot 700 = 560 \text{ мм} . \quad (6.6.1)$$

Граничний діаметр вала шнека дорівнює 105 мм ( $a = 7$ ). Кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека і біля валу:

$$d_d = \arctg ( 0,56 / ( 3,14 \cdot 0,7 ) ) = 14,2517^\circ = 14^{\circ}15' ; \quad (6.6.2)$$

$$d_d = \arctg ( 0,56 / ( 3,14 \cdot 0,105 ) ) = 59,5126^\circ = 59^{\circ}42' ;$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній витка шнека :

$$d_{cp} = 0,5 ( 14^{\circ}15' + 59^{\circ}42' ) / 2 = 18^{\circ}6' .$$

Допоміжні величини дорівнюють :

$$\cos 18^{\circ}6' = 0,8982 ;$$

$$\operatorname{tg} 18^{\circ}6' = 0,3365 ; \cos 2 \cdot 18^{\circ}6' = 0,6045 ;$$

Коефіцієнт відставання частинок матеріалу в осьовому напрямку :

$$k_0 = 1 - ( 0,8982 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,6045 ) = 0,192 ;$$

Згинаючий момент у виткові шнека по внутрішньому контуру, тобто біля вала:

$$M = (0,15 \cdot 10^6 \cdot 0,15^2) / 32 \cdot 1,9 \cdot 0,7 \cdot 7^{-4} - 1,2 \cdot 7^{-2} - 5,2 \cdot \ln 7 = - 659,42 \text{ Нм/м} ;$$

Витки шнека будуть виготовлені із сталі 10 , для якої допустиме напруження при згині можна прийняти рівним допустимому напруженню при розтягу , тобто  $125 \cdot 10^6 \text{ Па}$  . Тоді товщина витка шнека буде :

$$S = \sqrt{6 \cdot 659,42 / (125 \cdot 10^6)} = 0,0056 \text{ м} = 5,6 \text{ мм} . \quad (6.6.3)$$

Приймаємо  $S = 6 \text{ мм}$

Площа внутрішньої поверхні (циліндричної) корпусу пристрою по довжині одного кроку :

$$F_b = 3,14 \cdot 0,7 \cdot ( 0,56 - 0,105 ) = 1 \text{ м}^2 ; \quad (6.6.4)$$

Довжини розгортки гвинтових ліній :

$$l = \sqrt{0,56^2 + (3,14 \cdot 0,105)^2} = 0,649 \text{ м} ; \quad (6.6.5)$$

$$L = \sqrt{0,56^2 + (3,14 \cdot 0,7)^2} = 1,23 \text{ м} ;$$

Площа поверхні витка шнека по довжині одного кроку:

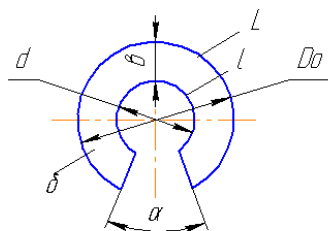
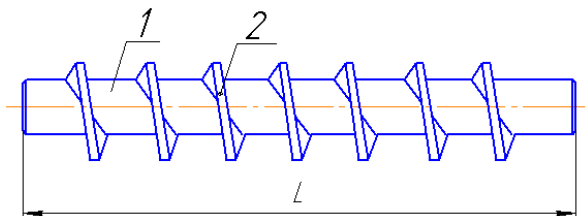


Рис. а Кільце заготовка шнека



$$F_M = 1/(4 \cdot 3,14) \cdot (3,14 \cdot 0,7 \cdot 1,23 - 3,14 \cdot 0,105 \cdot 0,649 + 0,56^2 \cdot \ln(0,7 \cdot 2 \cdot 1,24 \div \div 0,105 + 2 \cdot 0,649)) = 0,226 \text{ м}^2 ; \quad (6.6.6)$$

Що задовольняє умови роботи , бо  $F_M < F_B$

Крутний момент при 6-ти робочих витках шнека :

$$M_{кр} = 0,313 \cdot 6 \cdot 0,15 \cdot 10^6 \cdot (0,7^3 - 0,105^3) \cdot 0,3365 = 13562 \text{ Н} \cdot \text{м} ; \quad (6.6.7)$$

Вісьове зусилля :

$$S = 0,393 \cdot 6 \cdot (0,7^2 - 0,105^2) \cdot 0,15 \cdot 10^6 = 169413 \text{ Н} ; \quad (6.6.8)$$

Нормальне і дотичне напруження вала :

$$G_{ст} = 169413 \cdot 0,785 \cdot 0,48^2 = 3064 \cdot 10^5 \text{ Па} ; \quad (6.6.9)$$

$$\tau = 13562 \cdot 16 \cdot 3,14 \cdot 0,48^3 = 7535,2 \cdot 10^5 \text{ Па} = 753,52 \text{ МПа} ; \quad (3.6.10)$$

Еквівалентне напруження :

$$G_e = \sqrt{(306,4^4 + 4 \cdot 753,52^2) \cdot 10^{12}} = 236,5 \cdot 10^5 = 236,5 \text{ МПа} ; \quad (3.6.11)$$

Знаходиться в межах допустимого напруження для матеріалу вала шнека (Ст. 5). Приймаючи коефіцієнт заповнення рівним одиниці, отримуємо кутову швидкість шнека :

$$\omega = (11,6/0,125) / ((0,7^2 - 0,105^2) \cdot (0,56 - 0,006) \cdot 0,693 \cdot 320) = 1,7 \text{ рад/с} - (35 \text{ об/хв} )$$

Тепер знайдемо розміри заготовок витків та їх число . Нехай довжина шнека дорівнює  $6 \cdot 560 = 3600$  мм;

Ширина витків буде дорівнювати :

$$b = 0,5 ( 0,7 - 0,105 ) = 0,029 \text{ м} = 29 \text{ см}; \quad (6.6.12)$$

приймаємо  $b = 30$  см;

Кут відрізу в кільці заготовки буде дорівнювати :

$$\alpha_0 = 2 \cdot 3,14 - ( 1,23 - 0,649 ) / 0,03 = 0,74 \text{ рад} = 42^{\circ}26'; \quad (6.6.13)$$

Вибір електродвигуна та кінематичний розрахунок привода шнекового транспортера.

Потужність на валу гвинта визначимо за формулою :

$$N_0 = \frac{Q_d + h_r \cdot \omega_k}{3670} + \frac{Q_s \cdot H}{3670} = (320 \cdot 2,832 \cdot 1,2) / (3670 + 320 \cdot 0,1) \cdot 3670 = 4,62 \text{ кВт},$$

де  $w_k = 1,2$  – за таблицею розрахункових коефіцієнтів .

Вибираємо схему привідного механізму конвеєра , який складається з електродвигуна, двоступінчастого редуктора і пари прямозубих циліндричних коліс закритого типу.

Коефіцієнт корисної дії двоступінчастого редуктора, становить  $\eta_p = 0,96$ .

Врахувавши ККД муфти, які з'єднують редуктор з двигуном,  $\eta_m = 0,99$ .

і ККД пари прямозубих циліндричних коліс закритого типу  $\eta_{кц} = 0,96$  ;

Матимемо загальний ККД привода :

$$\eta = \eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_{кз} = 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,96 = 0,92; \quad (6.6.14)$$

Установчу потужність електродвигуна привода конвеєра знайдемо за формулою :

$$N = N_0 / \eta = 4,62 / 0,92 = 5,1 \text{ кВт} . \quad (6.6.15)$$

Вибираємо за каталогом електродвигун типу 4А112М4У3 потужністю  $N = 5,5$  кВт,  $n = 1440$  об/хв . Передаточне число приводного механізму :  $i_n = 1440 / 35 = 41$  .Вибираємо за каталогом редуктор Ц2У-315Н-40-12 з передаточним числом 40.

### 3.7 Розрахунок бандажу

Прийmemo : діаметр опорних роликів  $D_{op} = 1200$  мм ; діаметр бандажу  $D_б = 4000$  мм ; діаметр цапфи вісі ролика  $d_{ц.р.} = 200$  мм ; діаметр цапфи упорного ролика  $d_{ц.у.р} = 110$  мм довжина кінцевих участків барабана  $l_1 = 4$  м . Звідси відстань між опорами ( між бандажами )

$$L_б = 20 \cdot 2 \cdot 4 = 12 \text{ м}; \quad (6.7.1)$$

Тепер переходимо до вибору бандажів . Навантаження на 1 бандаж буде :

$$P = G / ( 2 \cos \alpha ) = 96847 / ( 2 \cdot \cos 2 ) = 48472 \text{ кгс}; \quad (6.7.2)$$

Прийmemo число башмаків для даного діаметру барабана  $m = 30$ .

Відстань між опорами складе

$$l = ( \pi \cdot D_б ) / m = ( 3,14 \cdot 430 ) / 30 = 45 \text{ см}; \quad (6.7.3)$$

Реакція опорного ролика :

$$R = P / ( 2 \cdot \cos 30^0 ) = 48472 / ( 2 \cos 30^0 ) = 28018 \text{ кгс} \quad (6.7.4)$$

“Мах” згинаючий момент в точці контакту ролика та бандажу :

$$M_{max} = (28018 \cdot 45) / 4 = 315208 \text{ кгс} \cdot \text{см} \quad (6.7.5)$$

Для сталюого лиття, з якого виготовлений бандаж, допустиме напруження  $[ G ] = 1560 \text{ кгс/см}^2$  .

Момент опору перерізу бандажа:

$$W = ( M \cdot h^2 ) / G ; W = M_{max} / G = 315208 / 1560 = 202 \text{ см}^3; \quad (6.7.6)$$



Бандаж прямокутного перерізу. Задаємося шириною бандажу  $B = 30$  см, знаходимо його висоту

$$H = \sqrt{(6 \cdot W) / B} = \sqrt{(6 \cdot 202) / 30} = 6,36 \text{ мм}; \quad (6.7.6)$$

Вибираємо стандартизований бандаж з розмірами  $B \times H = 300 \times 230$  мм. Проводимо перевірку опорного ролика, ширина якого більша ширини бандажу. Так, для барабанів  $D = 3500$  мм при діаметру бандажів  $D_6 = 4000$  мм рекомендована ширина ролика  $b = 480$  мм. Діаметр цього ролика  $D_{o.p.} = 1200$  мм.

Провіримо співвідношення розмірів ролика та бандажа

$$0,15 \cdot D_{\text{бан}} \leq D_{o.p.} \leq 0,33 \cdot D_{\text{бан}}; \quad (6.7.7)$$

$$600 < 1200 < 1320;$$

Знаючи реакцію опорного ролика, перевіримо ширину бандажа за формулою :

$$B \geq R/F \text{ см} \quad (6.7.8)$$

$$B \geq 28018 / 2000 = 14 \text{ см};$$

в дійсності  $B = 300$  мм;

Проводимо перевірку розмірів ролика та бандажу на контактну міцність (напруга в місці дотикання):

$$P_o = 0,418 * \sqrt{\frac{R}{B} \cdot E \cdot \frac{R_6 + \Gamma_{o.p.}}{R_6 \cdot \Gamma_{o.p.}}} \leq G; \quad (6.7.9)$$

$$P_o = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{28018}{20} \cdot 1,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{(1365 + 300)}{1365 \cdot 300}} = 1077,5 \text{ кгс} / \text{м}^2 < [G];$$

Умова міцності виконується.

## 7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

### Технологічний маршрут виготовлення шестерні

№ опер.	Назва операції, переходу	Технолог. обл., пристрої, інструмент обробл.,контр.
<b>10</b>	<b>Штампувальна</b> УЗЗ	Прес
10.1	Відштампувати заготовку	Поковка II-го класу ГОСТ 7505-74
<b>20</b>	<b>Токарна</b> УЗЗ	Станок токарно-гвинторізний 16к20, 3-х кулачковий патрон
20.1	Торцювати пов. 1, витримавши L =253мм, начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.2	Точити пов. 2 з Ø679мм до Ø676мм начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.3	Точити пов. 2 з Ø676мм до Ø675мм начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.4	Зняти фаску 14x45°, пов. 1	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.5	Торцювати пов. 3, витримавши L =356,5мм, начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.6	Торцювати пов. 3, витримавши L =356мм, начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, Т15К6, ГОСТ 10043-62

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Технологічний маршрут виготовлення деталі</b>	<b>200380.КР.18.007 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/19

20.7	Зняти фаску 15x45°, пов 3	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, $\varphi = 45^\circ$ , Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.8	Розточити пов. 4 з Ø116мм до Ø119мм, начорно	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ГОСТ 10043-62, ШЦ–І
20.9	Розточити пов. 4 з Ø119мм до Ø120мм, начисто	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ГОСТ 10043-62, ШЦ–І
20.10	Зняти фаску 15x45°, пов. 3	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ГОСТ 10043-62, ШЦ–І
20.11	Зняти фаску 15x45°, пов. 3	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ГОСТ 10043-62, ШЦ–І
<b>30</b>	<b>Токарна</b> УЗЗ	Станок токарно-гвинторізний 16к20, упор
30.1	Торцювати пов. 5, витримавши L =253мм, начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, $\varphi = 45^\circ$ , Т15К6, ГОСТ 10043-62
30.2	Торцювати пов. 6, витримавши L =357мм, начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, $\varphi = 45^\circ$ , Т15К6, ГОСТ 10043-62
30.3	Торцювати пов. 6, витримавши L =356мм, начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, $\varphi = 45^\circ$ , Т15К6, ГОСТ 10043-62

30.4	Зняти фаску 15x45°, пов 6	Той самий
30.5	Зняти фаску 14x45°, пов 5	Той самий
30.6	Зняти фаску 15x45°, пов 6	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ГОСТ 10043-62, ШЦ-I
30.7	Зняти фаску 15x45°, пов 6	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ГОСТ 10043-62, ШЦ-I
<b>40</b>	<b>Протяжна</b> УЗЗ	Горизонтальний протяжний верстат марки 7510, упор
40.1	Протягнути шліцевий паз, $m=3,5$ ; $z=16$ ; $\alpha=15^\circ$ ; $S_{cp}=6,087$	Протяжка комбінована, технічні вимоги по ГОСТ 9126-76; комплексний калібр
<b>50</b>	<b>Зубофрезерна</b> УЗЗ	Станок 53Л50, пристрій зубофрезерний
50.1	Фрезерувати зубці $m=25$ ; $z=25$ ; ГОСТ 13755-81	Фреза черв'ячна $m=25$ ; $z=25$ , коротка, ГОСТ 9324-60
<b>60</b>	<b>Зубофасочна</b> зачистити заусениці	

### Розрахунок припусків.

Припуск на підрізання торців для  $\varnothing 679$  складає  $2+2=4$ мм, а довжини  
250мм складає  $1,5+1,5=3$  мм

отже заготовка собою являє диск діаметром 679 мм і товщиною 254,5 мм.

### Розрахунок загального припуску штампованої заготовки

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2\min}=2(Rz_1+D_1+(T_{\text{пр}1}^2+\varepsilon_{y2}^2)^{0,5})$$

де  $Rz_1=50$  мкм,  $D_1=50$  мкм,  $T_{\text{пр}1}$  - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні.

При установленні деталі на оправку  $T_{\text{пр}1}=100$  мкм.

При установленні деталі на оправці  $\varepsilon_{y2}=0$ .

Тоді  $2Z_{2\min}=2(50+50+(100^2+0^2)^{0,5})=400$  мкм

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

де  $T_1$ -допуск розміру при чорновому точінні;  $T_2$ -допуск розміру при чорновому точінні;

$T_1=IT13=390$  мкм;  $T_2=IT11=160$  мкм;

$2Z_{2\max}=400+390-160=630$  мкм;

$2Z_{2\text{ном}}=(2Z_{2\max}+2Z_{2\min})/2=(630+400)/2=515$  мкм;

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1\min}=2(Rz_0+D_0+(T_{\text{пр}0}^2+\varepsilon_{y1}^2)^{0,5}),$$

де  $Rz$ ,  $D_0$ ,  $T_{\text{пр}0}$  - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою до 25 кг  $Rz_0=240$  мкм,  $D_0=250$  мкм,  $T_{\text{пр}0}=1,2$  мм  
 $\varepsilon_{y1}$  - похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі на оправці  $\varepsilon_{y1}=100$  мкм

$$2Z_{1\min}=2(240+250+(1200^2+100^2)^{0,5})=3388 \text{ мкм},$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}}=\sum 2Z_{i \text{ ном}}=512+3388=3900 \text{ мкм}$$

приймемо  $2Z_{\text{сум}} = 4$  мм

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 5,4 / 6,75 = 0,8$$

Де  $M_{\text{дет}}$ ,  $M_{\text{заг}}$  – маса відповідно деталі і заготовки

### Розрахунок технологічних операцій оброблення шестерні

#### 20. Токарна

**Перехід 20.1.** Торцювати пов. 1 витримавши  $L = 253$  начорно

1.  $t = z/2 = 3/2 = 1,5$  мм.

2. Приймаємо подачу  $S_B = 1,2$  мм/об.

3.  $V = \frac{153}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 1,2^{0,35}} = 53,8$  м/хв.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{сдд}}} = \frac{1000 \cdot 53,8}{\pi 593,76} = 28,8 \text{ об/хв.}$$

5.  $n_e = 25$  об/хв.

6. За прийнятним значенням  $n_e$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\dot{a}} = \frac{\pi D_{\text{сдд}} n_{\dot{a}}}{1000} = \frac{\pi 593,76 \cdot 25}{1000} = 46,6 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_{\dot{d}} + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_{\dot{a}} = \frac{D_{\text{сдд}}}{2} = \frac{593,76 - 480,96}{2} = 56,4 \text{ мм} \quad \text{– довжина оброблюваної поверхні}$$

заготовки;

$L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$  мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$  мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 56,4 + 2 + 1,5 + 2 = 61,9 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу  $t_{03} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{61,9}{25 \cdot 1,2} = 2,06$  хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d3} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

**Перехід 20.2.** Точити пов. 2 з  $\varnothing 679$  до  $\varnothing 676$  на прохід начорно

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні  $t = \frac{679 - 676}{2} = 1,5$  мм.

2. При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром до 700мм з глибиною різання до 3мм та перетином тіла різця 16×25мм за паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 приймаємо подачу  $S_b = 1,5$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{120}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 1,5^{0,35}} = 39,3 \text{ м/хв.}$$

де  $T$  – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60 - 90хв для різців зі швидкоріжучої сталі і 90 – 120хв для різців із твёрдосплавною ріжучою пластинкою);

$C_v$  – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{сш}}} = \frac{1000 \cdot 39,3}{\pi \cdot 679} = 18,4 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункова кількість обертів  $n_p$  корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення  $n_6 = 16$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_6$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_b}{1000} = \frac{\pi 679 \cdot 16}{1000} = 34,1 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_{\partial} + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_{\partial} = 254,5$  мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^{\circ} = 1,5$  мм - величина врізання різця в заготовку

$L_3 = 2$  мм - величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 254,5 + 2 + 1,5 + 2 = 260 \text{ мм}$$

7. Основний час на виконання переходу  $t_{01} = \frac{L_p}{n_d S_d} = \frac{260}{16 \cdot 1,5} = 10,8$  хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

де  $t_1 = 0,13$  хв. – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 300 мм при автоматичній подачі.

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

$t_3$  – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу. Оскільки потреби в заміні інструменту і інших діях немає, то  $t_3 = 0$ .

$$\text{Тоді } t_{d1} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

**Перехід 20.3.** Точити пов. 2 з  $\varnothing 676$  до  $\varnothing 675$  на прохід начисто

1. Глибина різання при чистовій обробці становить  $t = 0,5$  мм.

2.  $S_g = 0,4$  мм/об.



$$3. V = \frac{C_v}{T^{0,3} f^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{100^{0,3} 0,5^{0,1} 0,4^{0,25}} = 75,3 \text{ м/хв.}$$

$$4. n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заз}} = \frac{1000 \cdot 75,3}{\pi \cdot 676} = 35,4 \text{ об/хв.}$$

$$5. n_6 = 31,5 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням  $n_6$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D_{заз} n_6}{1000} = \frac{\pi 676 \cdot 31,5}{1000} = 66,8 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_{\partial} + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_{\partial} = 254,5$  мм – довжина оброблюваної поверхні;

$$L_1 = 2 \text{ мм}$$

$$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,25 \operatorname{ctg} 45^{\circ} = 0,25 \text{ мм}$$

$$L_3 = 2 \text{ мм}$$

$$L_p = 254,5 + 2 + 0,25 + 2 = 258,7 \text{ мм}$$

$$7. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{02} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{258,7}{31,5 \cdot 0,4} = 20,5 \text{ хв.}$$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d2} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

**Перехід 20.4.** Точити фаску  $14 \times 45^{\circ}$  пов. 1.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості.  $t_{04} = 1,6$  хв.,  $t_{d4} = 0,06$  хв.

**Перехід 20.5.** Торцювати пов. 3 Ø236, витримавши  $L = 356,5$  начорно

1.  $t = 358 - 356,5 = 1,5$  мм.

2. Приймаємо подачу  $S_B = 1,2$  мм/об.

3.  $V = \frac{153}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 1,2^{0,35}} = 53,8$  м/хв.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{шд}}} = \frac{1000 \cdot 53,8}{\pi 236} = 72,6 \text{ об/хв.}$$

5.  $n_s = 63$  об/хв.

6. За прийнятним значенням  $n_s$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_a = \frac{\pi D_{\text{шд}} n_a}{1000} = \frac{\pi 236 \cdot 63}{1000} = 46,6 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_a = \frac{328,4 - 236}{2} = 46,2 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$  мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$  мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 46,2 + 2 + 1,5 + 2 = 51,7 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу  $t_{05} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{51,7}{63 \cdot 1,2} = 0,68$  хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d5} = 0,13 + 0 + 0 = 0,13 \text{ хв.}$$

**Перехід 20.6.** Торцювати пов. 3 Ø236 начисто; припуск  $z = 0,5$  мм.

1. Вибираємо глибину різання  $t = z = 0,5$  мм.

2. Вибираємо подачу при чистовому точінні із шорсткістю  $Ra=1,6$  що відповідає квалітету точності та радіусу при вершині різця  $r = 1,2$  мм. Вона повинна бути в інтервалі подач  $S=0,14 \div 0,16$  мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо  $S_{\epsilon}=0,15$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання

$$V = \frac{243}{100^{0,3} 0,5^{0,1} 0,15^{0,25}} = 105 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{шд}}} = \frac{1000 \cdot 105}{\pi 236} = 141,7 \text{ об/хв.}$$

5. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення  $n_{\epsilon} = 125$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_{\epsilon}$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\dot{a}} = \frac{\pi D_{\text{шд}} n_{\dot{a}}}{1000} = \frac{\pi 236 \cdot 125}{1000} = 92,63 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_{\partial} + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_{\dot{a}} = \frac{328,4 - 236}{2} = 46,2 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,15 \operatorname{ctg} 45^{\circ} = 0,15$  мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$  мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 46,2 + 2 + 0,15 + 2 = 50,35 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу  $t_{06} = \frac{L_p}{n_{\dot{a}} S_{\dot{a}}} = \frac{50,35}{125 \cdot 0,15} = 2,68$  хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d3} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

**Перехід 20.7.** Точити фаску  $15 \times 45^\circ$  пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості.  $t_{07} = 1,6$  хв,  $t_{d7} = 0,06$  хв

**Перехід 20.8.** Розточити пов. 4 з  $\varnothing 116$  до  $\varnothing 119$  на прохід начорно

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні  $t = \frac{119 - 116}{2} = 1,5$  мм.

2. Приймаємо подачу  $S_v = 0,8$  мм/об..

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{120}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 0,8^{0,35}} = 49,2 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{зад}}} = \frac{1000 \cdot 49,2}{\pi \cdot 116} = 135,1 \text{ об/хв.}$$

5. Приймаємо  $n_e = 125$  об/хв.

6. За прийнятним значенням  $n_e$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D_{\text{зад}} n_e}{1000} = \frac{\pi 116 \cdot 125}{1000} = 45,53 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_d = 356$  мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2$  мм - величина врізання різця в заготовку

$L_3 = 2$  мм - величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 356 + 2 + 2 + 2 = 362 \text{ мм}$$

7. Основний час на виконання переходу  $t_{08} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{362}{125 \cdot 0,8} = 18,1$  хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

де  $t_1 = 0,13$  хв.

$$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}$$

$$t_3 = 0,15.$$

Тоді  $t_{д8} = 0,13 + 0,12 + 0,15 = 0,4$  хв.

**Перехід 20.9.** Розточити пов. 4 з  $\varnothing 119$  до  $\varnothing 120$  на прохід начисто

1. Глибина різання при чистовій обробці становить  $t = 0,5$  мм.

2.  $S_e = 0,15$  мм/об.

$$3. V = \frac{C_v}{T^{0,3} f^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{100^{0,3} 0,5^{0,1} 0,15^{0,25}} = 96 \text{ м/хв.}$$

$$4. n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 96}{\pi \cdot 119} = 256,9 \text{ об/хв.}$$

5.  $n_e = 250$  об/хв.

6. За прийнятним значенням  $n_e$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D_{заг} n_e}{1000} = \frac{\pi 119 \cdot 250}{1000} = 93,4 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_d = 356$  мм – довжина оброблюваної поверхні;

$$L_1 = 2 \text{ мм}$$

$$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,25 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,25 \text{ мм}$$

$$L_3 = 2\text{мм}$$

$$L_p = 356 + 2 + 0,25 + 2 = 360,25 \text{ мм}$$

$$7. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{09} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{360,25}{250 \cdot 0,15} = 9,6 \text{ хв.}$$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d9} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

**Перехід 20.10.** Точити фаску  $15 \times 45^\circ$  пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості.  $t_{010} = 1,6$  хв.,  $t_{d10} = 0,06$  хв.

**Перехід 20.11.** Точити фаску  $15 \times 45^\circ$  пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості.  $t_{010} = 1,6$  хв.,  $t_{d10} = 0,06$  хв.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 10,8 + 20,5 + 2,06 + 1,6 + 0,68 + 2,68 + 1,6 + 18,1 + 9,6 + 1,6 + 1,6 = 70,82 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції:

$$T_d = t_y + \sum t_d, \text{ де } t_y = 0,26 \text{ хв.} - \text{допоміжний час на}$$

установлення (переустановлення), кріплення і зняття деталі. Тоді:

$$T_d = 0,26 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,06 + 0,13 + 0,25 + 0,06 + 0,4 + 0,25 + 0,06 = 2,22 \text{ хв.};$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 70,82 + 2,22 = 73,04 \text{ хв.};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}.$$

$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,03$  і  $T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,04$ . Отже,  $T_{шт} = 73,04 + 73,04 \cdot 0,03 + 73,04 \cdot 0,04 = 78,15$  хв.

Підготовчо-завершальний час :

$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$ , де  $T_{п.з1} = 7$  хв. - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;  $T_{п.з2} = 10$  хв. – час на налагодження установалення деталі  
 $T_{п.з} = 7 + 10 = 17$  хв.

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 78,15 + 17/200 = 78,23 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/78,23 = 0,7 \text{ деталей.}$$

### 30. Токарна

Розрахунок переходів операції ідентичний до розрахунку деяких переходів 20-ї операції, оскільки деталь оброблюється з обох сторін однаково. Слідуючи з цього можна поррахувати основний та допоміжний час на виконання операції як:

$$T_0 = \sum t_{0i} = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} + t_{06}, \text{ де } t_{01} = 2,06 \text{ хв.}; t_{02} = 0,68 \text{ хв.}; t_{03} = 2,68 \text{ хв.};$$

$$t_{04} = 1,6 \text{ хв.}; t_{05} = 1,6 \text{ хв.}; t_{06} = 1,6 \text{ хв.}; t_{07} = 1,6 \text{ хв.};$$

$$T_0 = 2,06 + 0,68 + 2,68 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 = 11,82 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + \sum t_d, \text{ тоді:}$$

$$T_d = 0,74 + 0,25 + 0,13 + 0,25 + 0,06 + 0,06 + 0,06 = 2,92 \text{ хв.};$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 11,82 + 2,92 = 14,74 \text{ хв.};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}.$$

$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,03$  і  $T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,04$ . Отже,  $T_{шт} = 14,74 + 14,74 \cdot 0,03 + 14,74 \cdot 0,04 = 15,76$  хв.

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2} = 10 + 8 = 18 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 15,76 + 18/200 = 15,85 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/15,85 = 3 \text{ деталі.}$$

#### 40. Протягувальна

**Перехід 40.1.** Протягнути шліцевий отвір пов.7, к-ть пазів  $z=16$ , модуль  $m=3,5$ .

1. Припуск на обробку становить  $h = 7,9$  мм
2. Приймаємо подачу  $Sz = 0,04$  мм
3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y} = \frac{7,7}{300^{0,5} \cdot 0,04^{0,6}} = 3,07 \text{ м/хв..}$$

де  $T$  - період стійкості протяжки, хв.. (приймається в межах 106...500хв);

$C_v$  - коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини інструмента, умов різання та ін.;

$m, y$  - показники степені (табульовані довідкові величини, які беруться з довідників).

Дана швидкість різання попадає в інтервал протягувального верстата 7510.

4. Визначаємо довжину робочого ходу протягування:

$$L = L + L_p + L_k + L_1$$

де  $L = 55$  мм - довжина оброблюваної поверхні;

$L_k$  - довжина калібрувальної частини протяжки, мм;

$$L_k = z_k \cdot t_k = 4 \cdot 14 = 56 \text{ мм;}$$



$z_k$  - число калібрувальних зубів протяжки ( $z_k = 4 \dots 8$ );

$t_k$  - крок калібрувальних зубців протяжки, мм.

$L_1 = 20$  мм - довжина перебігу протяжки (10...20 мм) за межі заготовки.

$L_p = 1119,25$  мм - довжина ріжучої частини протяжки;

$$L_p = \left[ \frac{h}{2S} + (2 \dots 4) \right] \cdot t_p = \left[ \frac{7,9}{2 \cdot 0,04} + 3 \right] \cdot 11 = 1119,25;$$

$t_p$  - крок ріжучих зубів протяжки, мм.

$$L = 356 + 1119,25 + 56 + 20 = 1551,25 \text{ мм}$$

5. Основний час на виконання операції:

$$T_o = \frac{L \cdot K}{1000 \cdot V_p} = \frac{1551,25 \cdot 1,45}{1000 \cdot 3,07} = 0,73 \text{ хв.}$$

де  $L$  - довжина робочого ходу протягування, мм;

$K$  - коефіцієнт, що враховує зворотній хід ( $K=1,4 \dots 1,5$ ).

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = 2 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = T_o + T_d = 0,73 + 2 = 2,73 \text{ хв.};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}.$$

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,03 \text{ і } T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{шт} = 2,73 + 2,73 \cdot 0,03 + 2,73 \cdot 0,04 = 2,92 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$ , де  $T_{п.з1} = 10$  хв. - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;  $T_{п.з2} = 10$  хв. - час на налагодження установлення деталі

$$T_{п.з} = 10 + 10 = 20 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 2,92 + 20/200 = 3,02 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/3,02 = 19 \text{ деталей.}$$

## 50. Зубофрезерна

**Перехід 50.1.** Фрезерувати зубчатий вінець начорно  $m=25$  мм,  $z=25$ мм

1. Приймаємо глибину різання  $t = 1,5$  мм
2. Для чорнового фрезерування приймаємо подачу фрези  $S = 2,2$  мм/об
3. Обчислюємо швидкість різання:

$$V = \frac{560m^{0,5}}{T^{0,5} \cdot s^{0,85}} = \frac{560 \cdot 25^{0,5}}{480^{0,5} \cdot 2,2^{0,85}} = 65,4 \text{ м/хв}$$

де  $T$  – стійкість черв'ячної фрези, яка призначається в залежності від чистоти обробки. Для чистової обробки період стійкості  $T=240$  хв., а для чорнової обробки матеріалу із сталі  $T=480$  хв., чавуна  $T=960$  хв.

Швидкість обертання фрези визначається за формулою:

$$n_o = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65,4}{\pi \cdot 160} = 130, \text{ об/хв.}$$

де  $D$  – зовнішній діаметр фрези, мм.

Приймаємо  $n_{\phi} = 125$  об/хв.

4. Основний (машинний) час при зубофрезеруванні визначається за формулою, яка є загальною для всіх видів механічної обробки

матеріалів:  $T_0 = \frac{L}{S_{\text{хв}}} i$ ;

де  $L$  – відстань, яку проходить фреза при обробці деталі, мм;

$S_{\text{хв}}$  – хвилинна подача, мм/хв.;  $i$  – кількість робочих ходів.

При зубофрезеруванні черв'ячною фрезою розрахункову довжину фрезерування можна визначити так:

$$L = b + l + l_1.$$

За аналогією із циліндричними фрезами величини врізання знаходиться за

формулою:  $l = \sqrt{h(d_{00} - l_1)} = \sqrt{1,5 \cdot (160 - 5)} = 15,25$  мм;

де  $h = t = 1,5$  мм – глибина фрезерування, мм;

$d_{ao} = 160$  мм – зовнішній діаметр фрези;

$l_1 = 5$  мм – перебіг фрези, який приймають у межах 3...5 мм.

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_{\dot{a}\dot{a}} = S \cdot K \cdot n_{\dot{o}} / z_k = \frac{2,2 \cdot 1 \cdot 63}{25} = 5,544 \text{ мм/хв.};$$

де  $S$  – подача за один оберт фрези, мм/об;

$K = 1$  - число заходів черв'ячної фрези;

$n_{\dot{o}} = 240$  об/хв – число обертів фрези за хвилину;

$z_k = 25$  - число зубів колеса, що нарізуються.

5. Основний час на виконання операції:

$$T_o = \frac{L}{S_{\dot{a}\dot{a}}} i = \frac{15,25}{5,544} \cdot 12 = 33 \text{ хв.}$$

Допоміжний час: на установлення і зняття деталі  $t_y = t_{y1} + t_{y2}$ ,

де  $t_{y1}$  – допоміжний час безпосередньо на установлення та зняття деталі; при установленні деталей масою до 8 кг з кріпленням гайкою з допомогою ключа  $t_{y1} = 0,52$  хв.  $t_{y2} = 0,1$  хв. – додаток на очищення місця установлення деталі від стружки.

Тоді  $t_y = 0,52 + 0,1 = 0,62$  хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола до 750 мм, автоматичним переміщенням, при фрезеруванні пазів фрезою, установленою на розмір,

$t_d = 0,06$  хв.

Тоді допоміжний час  $T_d = t_y + t_d = 0,62 + 0,06 = 0,68$  хв.

Оперативний час  $T_{оп} = T_o + T_d = 33 + 0,68 = 33,68$  хв,

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

де  $T_{об} = 0,045T_{оп}$  і  $T_{пер} = 0,06 T_{оп}$  – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу (табл.36).

$$T_{шт} = 33,68 + 0,045 \cdot 33,68 + 0,06 \cdot 33,68 = 37,21 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n,$$

де  $T_{п.з}$  – підготовчо-заготівельний час, який визначається як сума часу налагодження верстата та на одержання наряду, інструментів, пристроїв:

$$T_{п.з} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді } T_k = 37,21 + 23/200 = 37,325 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить:

$$N = 60/T_k = 60/37,325 = 1 \text{ деталь}$$

## 8. Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту

Монтаж жомосушильного барабана проводиться за допомогою підйомно-транспортних устаткувань. На заводі-виробнику проводиться контрольна збірка барабана з вивіркою бандажів, вінців і обкатка на холостому ходу протягом 2-х годин. Відвантаження барабана проводиться блоками зі знятими бандажами і вінцем. Кінцева збірка і зварка корпусу барабана здійснюється при монтажі силами монтажної організації.

У зв'язку з неможливістю забезпечення ідентичності збірки і монтажу на заводі-виробнику, а також високим вимогам до биття барабана, при збірці бандажів і вінця на корпусі апарата необхідно користуватися регулюючими прокладками.

При установці опорної і опорно-упорної станції необхідно під рами, поблизу розміщення фундаментних болтів, встановити металеві підкладки із листової сталі товщиною 20мм і шириною 200мм, забезпечивши надійне прилягання їх до опорної поверхні рами.

Проводиться попереднє регулювання опорної і опорно-упорної станції:

а) встановити опорні ролики на однаковій відстані від середини рами, витримавши розмір  $\pm 1,5\text{мм}$ ;

б) перевірити відстань між серединами опорних роликів, які повинні співпадати між серединами бандажів на корпусі  $\pm 4\text{мм}$ ;

в) перевірити, щоб робочі поверхні опорних роликів кожної станції були паралельні між собою, для цього натягнути струну, попарно на два ролика. Перевірка виконується за допомогою відкосу.

Поверхні паралельні, якщо відстань між ними по всій ширині роликів буде однаковою;

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</b>	<b>200380.КР.18008 ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/9</b>	

г) торцеві поверхні двох опорних роликів кожної станції знаходяться в одній площині, тобто сталева лінійка, прикладена до торцевих площин опорних роликів повинна прилягати до них по всій довжині, допускається бокове зміщення торцевих площин до 5мм, при умові дотримання паралельності.

При встановленні рам опорної і упорно-опорної станції допускається не горизонтальність відносно поперечної вісі корпуса барабана не більше 0,2 мм на 1000 мм довжини рами.

Проводиться регулювання положення бандажа відносно упорних роликів. Упорні ролики встановлюються так, щоб відстань між їх робочими поверхнями була більше ширини бандажів на 20мм і щоб вони були зміщені на однакову відстань від торцевих поверхонь опорних роликів.

При врахуванні температурного видовження барабана, опорну станцію зміщують таким чином, щоб торцеві поверхні бандажа і опорні ролики знаходились в одній площині зі сторони розміщення опорно-упорної станції.

Результати вивірки опорно-упорної станції по висоті, горизонтальному положенню і іншим прив'язочним розмірам з врахуванням фундаментних відміток, оформляється актом.

Після вивірки опорної і опорно-упорної станції колодці фундаментних болтів на дві третини глибини заливають бетонним розчином. Коли бетон досягне проектної міцності, затягують всі гайки фундаментних болтів і знову вивіряють опорну і опорно-упорну стації по висоті і горизонтальне положення. Якщо повторні заміри підтверджують правильність установки станції, то фундаментні рами підливають розчином, а колодці фундаментних болтів заливають розчином остаточно.

Монтаж корпусу барабана.

Для проведення монтажу корпусу барабана необхідно виготовити спеціальну монтажну раму, яка складається з трьох частин, з'єднаних між собою.

На монтажну раму встановлюють три частини корпусу барабана, що стикуються між собою, при цьому перевіряють не горизонтальність корпусу відносно поперечної осі барабана. Не горизонтальність перевіряють наступним чином:

- а) до торців барабана приварюють хрестовини;
- б) на хрестовинах за допомогою вантажів натягують струну;
- в) вимірюють негоризонтальність корпусу, при цьому негоризонтальність відносно попередньої вісі корпусу не більше 0,2мм на 1000мм довжини.

Зібраний корпус зварюють. Після зварки перевіряють на горизонтальність корпус барабана. Після зварки на корпус встановлюють бандажі. На верхню частину корпусу барабана встановлюється перша частина бандажа, потім з нею з'єднується болтами друга, третя і четверта частини.

Після установки бандажів, корпус за допомогою підйомних пристроїв звільняють від монтажної рами і встановлюють на опорні станції. Під бандажі встановлюють башмаки з регулюючими прокладками. Встановлення башмаків починають з верхньої частини і поступово обертаючи корпус на опорних станціях встановлюють по всьому перерізу корпусу. Монтаж зубчатого вінця проводити аналогічно монтажу бандажів.

Перевірка відхилення змонтованого корпусу:

- а) радіальне биття зубчастого вінця і бандажів не більше 4мм;
- б) овальність корпусу барабана не більше 12мм;
- в) овальність корпусу в місці установки лабіринтних ущільнень не більше 5 мм.

Змонтований на загальній рамі привід встановлюють на фундамент. Вивіряють привід по висоті і горизонтальному положенні. При цьому необхідно скласти середину зубчатого вінця, зберегти зазор між вершиною зуба і западиною, величиною не більше 0,25 модуля.

Потім перевіряють контакт опору поверхні зубів зубчастого вінця і підвінцевої шестерні. Контакт повинен бути не менше 70% довжини зуба і не менше 30% висоти зуба, і розміщуватися рівномірно.

Перевірку ведуть шляхом нанесення тонкого шару фарби на зубці підвінцевої шестерні, при обертанні барабана слідкують за відбитками на зубах зубчастого вінця. Якщо відхилень нема то фундаментні болти заливають бетонним розчином.

Для монтажу завантажувальної камери необхідно:

- а) надіти на корпус барабана лабіринтне ущільнення;
- б) завантажувальну камеру зварити, перевірити циліндричність і при необхідності виправити.

Завантажувальну камеру встановлюють на фундамент. Вивіряють, забезпечуючи її паралельність і співвісність відносно корпусу барабана.

Потім остаточно встановлюють ущільнення і приварюють його до корпусу.

Встановлюють привід, корпус, витки шнека при прокручуванні не повинні дотикатися корпусу, при цьому зазор між витками і корпусом не перевищує 5мм по всій довжині шнека.

Перевіряють, щоб площини роз'єму кришок і фланцевих з'єднань забезпечували щільність, запобігаючи протіканню рідини при роботі шнека з максимальним коефіцієнтом заповнення.

Вивіряють завантажувальний пристрій і заливають бетонним розчином.

Монтаж вивантажувального пристрою.



Одягають на корпус лабіринтне ущільнення і приварюють кінцевий фланець. Закріплюють улітку до кінцевого фланця корпуса барабана. Перевіряють, щоб всі болти були затягнуті і щоб опорні поверхні їх голівок повністю прилягали до фланця. Вивіряють і приварюють улітку до фланця.

Складаючи корпус вивантажувального пристрою перевіряють затяжку всіх болтових з'єднань. Вивіряють, забезпечуючи його паралельність і співвісність з корпусом.

Перевіряють обертання барабана, щоб улітка не зачіплялася за корпус вивантажувального пристрою.

Закріплюють лабіринтне ущільнення та заливають лапи бетонним розчином.

Монтаж шнека вивантаження.

Встановлюють привід, корпус, з'єднують завантажувальний патрубок з вивантажувальним пристроєм, а вивантажувальний патрубок з транспортною системою. При прокручуванні витки шнека не повинні дотикатися корпуса. Площина роз'єму кришок і фланцевих з'єднань повинна забезпечувати щільність, запобігаючи забрудненню навколишнього повітря пилом висушеного жому.

Після монтажу всіх вузлів, що входять в комплект поставки заводом - виробником, огороджують всі обертові частини щитками, кожухами і під'єднують жомосушильний барабан до суміжного обладнання.

Футерівку, монтаж топки і топочної арматури, електроустаткування виконується по інструкції проектної організації.

Проводять перевірку і налагодження обладнання:

- а) кінематику, електричні схеми, сигналізацію, частини тертя та ін.
- б) наявність змазки в усіх вузлах;
- в) відстань між опорними роликами та бандажем;
- г) заземлення електроустаткування;

д) плавність переключення швидкості варіатора приводу завантажувального пристрою;

е) відсутність биття з'єднувальних муфт шнека.

Після монтажу і налагодження жомосушильного барабана, огороження, під'єднання комунікацій, але до початку встановлення футерівки і теплоізоляції, проводять прокручування барабана на 2-3 оберти вручну - обертанням з'єднувальної муфти електродвигуна привода барабана.

Аналогічно поступити з приводами шнеків завантаження і вивантаження, виявлені при цьому недоліки усунути. Короткочасним включенням електродвигунів впевнитись, що механізми обертаються в потрібну сторону.

Обкатка барабана проводиться до початку встановлення футеровки і теплоізоляції. Включають електродвигуни привода барабана і шнеків, перевіряючи роботу механізмів на холостому ході протягом 4-5 годин.

При обкатці перевіряють правильність роботи приводів, опорної і опорно-упорної станції, лабіринтних ущільнень, правильність зачеплення вінцево-зубчастої пари, прямолінійність обертання корпусу барабана і співвісність установки завантажувальної камери і вивантажувального пристрою, обертання улітки. При виявленні дефектів, роботу призупиняють, справляють виявлені недоліки і повторно обкатують протягом 4-5 годин. У випадку зміщення корпусу барабана або не збігання бандажа на будь-якому із опорних роликів, в результаті чого виникають великі зусилля на ролики і порушується нормальне зачеплення вінцево-зубчастої пари, необхідно апарат зупинити і шляхом установки опорних роликів по відношенню до бандажів, провести остаточне регулювання так, щоб бандаж обертася по середині між двома упорними роликами.

Після обкатки барабана під навантаженням протягом 48 годин і усуненням дефектів необхідно скласти акт по задачі обладнання в експлуатацію.

Після закінчення сезону виробництва проводять чищення зовні та в середині сушильного барабана, розбирають вузли на деталі проводячи їх дефекацію, ремонтують підшипники приводу і опорних станцій. При необхідності замінюють кожух розвантажувальної камери, ремонтують або замінюють опорні ролики, бандажі.

В приводній і натяжній станціях, в опорних роликах зношуються в основному підшипники, вали, передачі приводного механізму, ремонтують їх звичайним способом. Також в процесі експлуатації транспортерів спостерігається зношення і деформація витків і жолобів, кінців валів, підвісних і кінцевих підшипників, деталей приводних станцій.

При сильному зношуванні жолоба його замінюють новим. А при невеликих пошкодженнях на зношені місця ставлять латки.

Деформовані ділянки жолобів правлять. Зношені секції витків замінюють, а в окремих випадках закріплюють за допомогою зварювання. Відремонтовані витки повинні бути суворо перпендикулярними до вісі вала. Вал після зварювання витків треба перевірити на верстаті і при необхідності зробити його правку.

У підвісних підшипниках, головним чином, ремонтують вкладиші. Ці підшипники роблять роз'ємними.

При ремонті підшипників замінюють прокладки між нижньою кришкою і корпусом підшипника, а потім за допомогою хомутів до верхньої частини поперечини підтягують вкладиші.

Після закінчення ремонтних робіт, перед збіркою транспортера, необхідно перевірити стан привода, жолоба, витків, цапф і вкладишів підшипників.

Монтаж відцентрового вентилятора полягає в установці його на фундаменті або на опорній металоконструкції з вивірянням горизонтальності вала і подальшим кріпленням.

У вентиляторі найчастіше виникають такі види спрацювань і несправностей:

спрацювання підшипників і шийок валу в результаті незадовільного центрування вала вентилятора з електродвигуном, вібрації вала або при недостатньому змащуванні;

спрацювання кожуха і лопаток колеса в результаті дії пилу.

Підшипники вентилятора швидко спрацьовуються, тому необхідно виявити їх спрацювання і перевіряти зазори. Величина зазору між кільцями і шариками в радіальних підшипниках допускається а межах 0,01-0,10 мм при діаметрі до 100мм. Сильно спрацьовані підшипники замінюють на нові.

Ремонт лопаток ротора зводиться до заміни зламаних або пошкоджених лопаток на нові або до підварювання, наплавлення спрацьованих. Нові лопатки перед встановленням необхідно зважити на вагах і розсортувати по вазі; установку проводять таким чином, щоб діаметрально протилежні лопатки

обов'язково мали однакову вагу. Відхилення по довжині допускаються до 1 мм.

Встановлені на місце лопатки закріплюють за допомогою зварювання або заклепок. При зварюванні шов повинен бути високої якості, міцним, не порушувати балансування робочого колеса.

Вентилятори, колеса яких розміщені між двома підшипниковими опорами, монтують одночасно з ними. Після установки робочого колеса в кожусі перевіряють величину зазору між торцем колеса і всмоктуючим патрубком вентилятора, повільно обертаючи робоче колесо. Зазор по всьому колу повинен бути однаковим. Якщо зазор не скрізь однаковий і колесо б'є,

то цей недолік можна виправити правильною посадкою колеса на вал, виправленням перекосу на шпонці, регулюванням висоти підшипників підкладками із тонкої жерсті. Потім необхідно перевірити легкість обертання робочого колеса і чи немає воно контакту з кожухом.

Ремонт кожуха зводиться до накладання латок на спрацьовані місця або до повної заміни кожуха.

До обов'язків обслуговуючого персоналу відносяться:

Утримання пристрою та робочого місця в порядку;

Змащення всіх елементів згідно карти змащування;

Перевірка робочої температури підшипників опорних роликів та упорних підшипників, а також зубчастої передачі, температура яких не повинна перевищувати 600С, проводити перевірку ущільнення передньої стінки ;

Обслуговуючому персоналу ні в якому випадку не дозволяється приводити всі можливі ремонти, зміни, доповнення без чіткої інструкції технічного керівництва.

## 9. Опис системи управління

Автоматизація, як відомо, це загальні принципи звільнення людини від безпосередньої участі в управлінні технологічними та виробничими процесами і побудови систем для цього.

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

Віджятий жом подається в барабан через завантажувальний лоток, який прикріплений до кінцевої частини топки. Жом із завантажувального лотка попадає на спіральні обвідні лопатки в передній частині барабана сушки, а наслідок обертаючого руху барабана переміщається і попадає між хрестоподібними лопатками. Волога, яка міститься в жомі, при контакті з топковими газами, перетворюється у водяну пару, яка разом і цими газами видаляється вихідними патрубками назовні. А жом із вивантажувальної камери вигрібається на шнек.

Використання автоматичних пристроїв, а саме: стандартної і нестандартної діафрагми, перетворювачів різниці тиску, навантаження, термоелектричних перетворювачів температури, перетворювачів для термопар, виконавчих механізмів, засобів технологічного і теплового контролю та сигналізаторами дозволяє управляти процесом сушіння в автоматичному режимі. Втручання людини в керування процесом зводиться до мінімуму і є необхідним лише при запуску сушарки в дію на початку роботи або в разі виникнення аварійної ситуації.

Автоматизація жомосушильного барабану є доцільною з декількох позицій: з економічної точки зору – витрати на встановлення та обслуговування автоматичних пристроїв є меншим в порівнянні витратами

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Опис системи управління</b>	<b>200380.КР.18.009 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/7</b>

при використанні людських ресурсів; з точки зору техніки безпеки – виробничий травматизм мінімальний.

Для розроблення схеми автоматизації складемо структурну схему процесу сушіння жому.

Сухий жом добре зберігається і брикетується, якщо він висушений при дотриманні наступного технологічного регламенту:

Вологість сушеного жому, %	10 -14
Тиск а печі, кПа	від - 0,02 до - 0,2
Температура димових газів у камері змішування, °С	800-1000
Температура вихідних газів, °С	110 - 150

№	Апарат	Параметр , місце відбору сигналу	Допустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління
1	Барабанна сушарка для жому	Температура жому на виході з апарату	100 <sup>0</sup> С	Контроль регулювання ,сигналізація	Вимір температури жому і рег. Витрат палива
		Розрідження в апараті	-0,2 кПа	Контроль регулювання ,сигналізація	Вимірює та регулювання стану засувки
		Температура повітря що йде на циклон	до 130 <sup>0</sup> С	Контроль , сигналізація	Вимірює температуру і сигналізує відхилення
		Температура топкових газів, що йдуть на ап.	до 950 <sup>0</sup> С	Контроль , сигналізація	Вимірює температуру і сигналізує відхилення
		Кількість газу до барабана	до 230000 м <sup>3</sup> /год	Вимірювання і сигналізація	Вимірює витрати і реєструє покази

Найбільш ефективною системою керування процесом сушіння жому є регулювання подачі палива в ніч по вологості сирого жому. Через відсутність вологомірів використовують непрямий показник температуру газів на виході з апарата, що характеризує кількість воли в сирому жомі на вході в барабан і

в сухому жомі на виході з барабана. Димові гази проходять через барабан протягом декількох секунд, а тому імпульс по температурі газів з малоінерційним і прийнятним для створення системи керування подачею палива.

Автоматизація сушіння по вологості сухого жому навіть при наявності вологоміра утруднена через велику інерційність об'єкта керування, тому що сушіння продовжується 30-40 хв. Отже, температура вихідних газів, найбільш повно і вчасно характеризує процес сушіння. Подача повітря на горіння палива й охолодження топки здійснюється за допомогою системи регулювання співвідношення паливо – повітря з коефіцієнтом надлишку повітря 3-3,5.

#### Опис схеми автоматизації

Усі процеси обробки даних та контролю, в тому числі стабілізація основного показника температуру вихідних газів, в жомосушильному барабані мікропроцесорним контролером Schneider. Ведучим параметром стабілізації є витрата жому, яка вимірюється, відображається на шкалі (1в) та перетворюється в електричний сигнал (1б) конвеєрними вагами ВМ-ІС (1а, 1б, 1в), веденим параметром є втрата газу, що вимірюється стандартною діафрагмою (3а) в комплекті з первинним перетворювачем тиску „Сапфир-22 ДД" (3б). Контролер здійснює постійну реєстрацію та відтворення витрат газу на дисплеї. Температура димових газів на виході з барабану, яка вимірюється термоелектричним термометром ТХА-1449 (2а) в комплекті з нормуючим перетворювачем Ш69000 (2б), являється параметром, корегуючим співвідношенням витрат жому і пального прямо пропорційною залежністю і відображається на дисплеї контролера. МПК здійснює обробку даних і оптимізацію витрат пального за даних умов роботи і діє на витрату газу за допомогою виконуючого механізму МЭО- 160/25-0,25К-68 (3в) і регулюючого клапана. Крім того, в залежності від подачі сирого жому, МПК здійснює безступінчасте регулювання частоти обертання валу



електродвигуна приводу барабана. Контролер налаштовується таким чином, щоб частота обертання барабана здійснювалась прямо пропорційно подачі віджатого жому.

По заданому контролеру співвідношення витрат газу і первинного повітря відбувається регулювання подачі повітря в топку направляючим апаратом вентилятора. МПК співставляє дані отримані з витратомірів газу (3а, 3б) га повітря (4а, 4б) із необхідним співвідношенням витрат ( $\alpha=1,77$ ) і посилає сигнал на виконавчий механізм МЭО-160/25-0,25К-68 (4б) направляючого апарата. Витрата повітря вимірюється нестандартною діафрагмою прямокутного перерізу (4а) в комплекті первинним перетворювачем тиску «Сапфир-22 ДД» (4б), відображається на дисплеї і реєструється.

При регулюванні подачі первинного повітря МПК проводить корекцію на температуру газів в топці ( в разі підвищення їх температури понад 130°C) шляхом збільшення витрат первинного повітря для запобігання перегорання футеровки.

Температура газів в топочній камері вимірюється термопарою ТПР-0213 (5а) з нормуючим перетворювачем Ш69000 (5б) і відображається на дисплеї. Температура газів в камері змішування вимірюється термопарою ТПР-0213 (6а) з нормуючим перетворювачем Ш69000 (6б), аналоговий сигнал передається на МПК, значення відображається на дисплеї та порівнюється із заданим (890°C) і в залежності від наявної температури відбувається регулювання витрати повітря в камеру змішування, шляхом повороту направляючого апарату вентилятора виконавчим механізмом МЭО-160/25-0,25К-68 (6в).

Розрідження в камері змішування сприймається і перетворюється в електричний сигнал первинним перетворювачем тиску „Сапфир-22 ДХ” (7а), передається на МПК, де відображається на дисплеї, реєструється і порівнюється з заданим. При відхиленні розрідження від заданого значення

(80 Па), передається відповідний сигнал на виконуючий механізм МЭО-400/25-0,25К-68 (7б) направляючого апарату димососа для зміни параметрів газового потоку в камері змішування до оптимального значення.

Для зручності спостереження за параметрами основних технологічних зон жомосушильного барабану, в кожній зоні встановлюються термомпари з нормуючим перетворювачем Ш69000 (8б, 9б, 10б). Значення температур сприймаються в топці - термомпарою ТРП- 0213 (8а), в камері змішування та на виході з барабану – термомпарою ТХА-1449 (9а, 10а) відображається на дисплеї МПК. При цьому на пульті управління засвічуються сигнальні лампи НЛ1, НЛ3, НЛ5 та НЛ2, НЛ4, НЛ6 при відповідно мінімально- та максимально-допустимого значення температур в основних зонах. Первинні перетворювачі тиску « Сапфир-22 ДХ » сприймають тиск у повітропроводі перед топочною камерою (11а), у повітропроводі перед камерою змішування (12а), а також розрідження у камері змішування (13а) та перед димососами (14а), посилають електричний аналоговий сигнал на МПК, який відображає результат вимірювання на дисплеї.

Жомосушильна установка обов'язково повинна мати систему аварійного відключення та оповіщення. При виникненні будь-якої аварійної ситуації насамперед необхідно відключити подачу газу в пальник. Для цього на газовий трубопровід встановлено електромагнітний клапан КМУ (15в), який керується МПК. Однією з основних причин аварійного відключення є зрив або згасання факела, для контролю наявності якого використовується реле контролю факела типу РКФ (15а, 15б). При згасанні вогню спрацьовує реле і передає сигнал на МПК, який одночасно закриває клапан 15в та вмикає світлову НЛ7 та звукову НА1 сигналізацію.

При неправильній експлуатації жомосушильної установки можливі випадки займання жому в барабані. У випадку загоряння жому відбувається підвищення температури відпрацьованих димових газів на виході з барабана. Термомпара ТХА-1449 (16а) в комплекті з перетворювачем

„Сапфир-22 ДХ" (166) сприймає температуру відпрацьованих димових газів на вході у димосос. При надмірному підвищенні (більше 150°C) температури газів в цій зоні МПК перекриває клапан 15в та через виконавчі механізми (5в, 6в, 76) повністю закриває направляючі апарати вентиляторів подачі повітря в топку, камеру імітування та направляючий апарат димососа, одночасно вентилятори та димосос. При цьому барабан продовжує обертання, а вологий жом подається в середину барабана. В разі загорання жому обов'язково спрацьовує світлова HL8 та звукова HA1 сигналізації.

Тиск газу в газопроводі та продуктів згорання в камері змішування сприймаються первинними перетворювачами тиску « Сапфир-22 ДХ » (відповідно 17а та 18а ), які працюють для передачі аналогового сигналу на МПК. При зниженні тиску газу в газопроводі або розрідження в камері змішування нижче мінімального за вимогами технологічного пронесу, відбувається миттєве відключення газу клапаном 15в і спрацювання світлової HL9, HL10 та звукової HA1 сигналізації.

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

- 17 - аналогових входів (А.Вх)
- 5 - аналогових виходів (А.Вих)
- 1 - дискретний вхід (Д.Вх)
- 12 - дискретних виходів (Д.Вих)

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

TSX	DMZ	28DR – 16Д.Вх, 12Д.Вих
TSX	AEZ	801 – 8А.Вх

TSX	DSZ	08Г2К – 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 TSX 3721101 може приєднуватись до РС і панелі оператора, крім того є можливість розширювати пам'ять (карта розширення ) і об'єднуватись в мережу з іншими контролерами.

## 10. Заходи з охорони праці

### Основні законодавчі та нормативні акти, на основі яких здійснюється охорона праці на підприємстві

Закон України “Про охорону праці”, який вводиться в дію Постановою ВР № 2695-ХІІ ( 2695-12 ) від 14.10.92 зі змінами та доповненнями визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров’я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади, відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України , Закони України: „Про охорону праці“, „Про охорону здоров'я“, „Про використання ядерної енергії та радіаційний захист“, „Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення“, а також Кодекс законів про працю України (КЗпП).

### Інструктажі по охороні праці

Навчання та інструктаж з питань охорони праці проводиться з усіма працівниками під час їх трудової діяльності незалежно від форми власності і видів діяльності підприємства. Крім того, наказом Держгірпромнагляду від 23.12 1993 р. № 196 затверджений Перелік робіт з підвищеною небезпекою, який передбачає спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці не рідше одного разу на рік.

Попередження аварій і нещасних випадків не може бути забезпечено без належного інструктажу працюючих по охороні праці.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Заходи з охорони праці</b>	<b>200380.КР.18.010 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/11

Існує декілька видів інструктажу працюючих по безпечним прийомам і методам роботи:

1. Вступний - при влаштуванні на роботу. Для робітників проводить інженер, для інженерно-технічних робітників - головний механік. Програма вступного інструктажу розробляється відділом охорони праці. Запис про проведення вступного інструктажу робиться в спеціальному журналі, а також в документі про прийняття працівника на роботу, де розписується інструктуючий та проінструктований працівники.

2. Первинний - на робочому місці проводить майстер (начальник цеху). Він проводиться індивідуально або з групою осіб спільного фаху одноразово.

3. Періодичний — один раз на три місяці на роботах з підвищеною небезпекою, один раз в шість місяців на звичайних робочих місцях. В жомосушильному відділенні періодичний інструктаж проводиться один раз на шість місяців;

4. Позачерговий (позаплановий) — Він проводиться майстром індивідуально або з групою осіб спільного фаху. Проводиться після нещасного випадку, при зміні технологічного процесу, при застосуванні нового обладнання;

Кожний вид інструктажу оформляється в установленому порядку з обов'язковим підписом інструктованого і інструктуючого у відповідному журналі. Працівники, які не пройшли інструктаж і не здали іспит по техніці безпеки до роботи не допускаються.

### **Травматизм, заходи усунення, причини**

Рівень травматизму і профзахворювань на підприємстві залежить від рівня організації охорони праці та пожежної безпеки, а також стану трудової дисципліни.

Згідно з «Положеннями про розслідування та облік нещасних випадків, в установах і організаціях» (ДНАОП 1.8.20-1.07-99; ДНАОП 1.8.20-1.06-99 ) на підприємстві повинно проводитись розслідування травматизму, аварій і профзахворювань. Щорічна звітність про нещасні випадки і професійні захворювання перед державними органами статистики та іншими керівними установами здійснюється за формою 7-ТНВ. Для аналізу виробничого травматизму існують такі основні методи: статистичний, монографічний і економічний.

Найпоширенішим є статистичний метод, що дозволяє визначити порівняльну динаміку травматизму. Кількісним показником травматизму є коефіцієнт частоти, а якісним – коефіцієнт важкості.

За останній рік на підприємстві травматизму не зафіксовано.

#### ***Шкідливі і небезпечні фактори***

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників виробництва треба проаналізувати роботу обладнання. Умовні позначення шкідливих і небезпечних чинників нанесені на спрощену апаратурно-технологічну схему.

На обслуговуючий персонал відділення для сушіння пшениці діють такі негативні фактори:

- Шкідливі: шум вібрація, термічний вплив, запиленість повітря, недостатня освітленість робочих місць
- Небезпечні: електробезпека, пожежонебезпека, безпека опіків, безпека механічних травм.

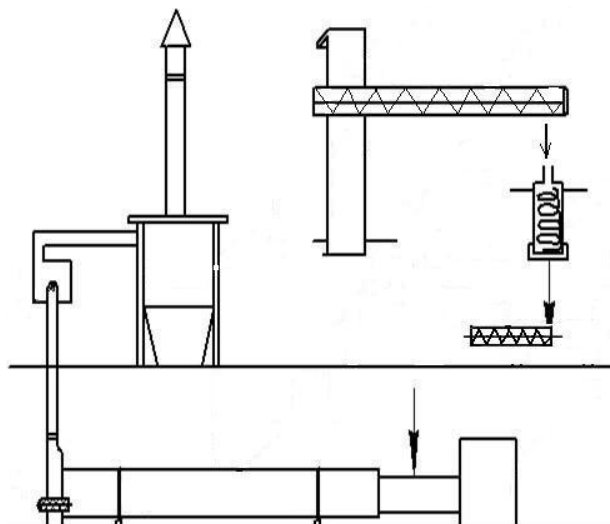


Рис. 10.1 Апаратурно-технологічна схема

### Мікроклімат

Характеристику мікроклімату наведено у таблиці 5.1 згідно ГОСТ 12.1.0005-88 ССБТ « общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ». Загазованість не нормується, оскільки немає речовин, які б виділяли газ.

Таблиця 10.1

Професія	Категорія за робіт	Енерговитрати, ккал/год	Температура, С, на робочих місцях				Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних		
Оператор наладчик	Па	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		



## **Шум та вібрація**

Відділення сушіння пшениці по шумовому режиму відноситься до класу відділень, де шум перевищує допустимі норми (більше 80 Дб). Основним джерелом виникнення шуму є сушильна установка А2-ПСА, димососи, конвеєри, шнеки та циклони. В даному відділенні для захисту від шуму передбачається використовувати індивідуальні засоби захисту, навушники для зменшення рівня шуму на 3,5-5 Дб.

Для попередження дії шуму, вібрації в проєктованому відділенні передбачено використання віброізоляційних основ при встановленні обладнання, точне врівноваження усіх рухомих деталей обладнання для зниження динамічних коливань, проводити своєчасний огляд та ремонт обладнання, застосовуються полімерні матеріали, що більш гнучкі та менш гучні ніж металеві.

### **Електробезпека.**

Жомосушильне відділення по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до приміщень підвищеної небезпеки. В цеху передбачений комплекс заходів з даного питання .

Електробезпека персоналу в цеху забезпечується організаційними та технічними заходами, а також справністю конструкцій всіх електричних установок .

Для захисту працівників від ураження електричним струмом існує заземлення . Всі металеві струмопровідні частини силових і освітлювальних електроустановок заземлені.

Безпека працівників досягається шляхом:

- а) застосування потрібної ізоляції;
- б) закриття і огороження струмоподаючих частин

в) надійного і швидкодіючого автоматичного відключення частин електрообладнання , яке випадково виявилось під напругою і пошкоджених ділянок джерела струму ;

г) застосування пониженої напруги для джерела струму ремонтного освітлення ;

д) заземлення корпусів електрообладнання і елементів електроустановок , які можуть виявитись під напругою через пошкодження ізоляції .

### **Освітлення**

В цеху сушіння пшениці застосовується два види освітлення - природне і штучне, яке відповідає встановленим нормам КПО 0,9%.

Природне освітлення забезпечується через великі вікна, світлові ліхтарі.

З часом через забрудненість і запиленість скла ефективність природного освітлення знижується до 25-35%. Також велике значення для природного

освітлення мають чистота і кольорове оздоблення стін та стелі приміщення. Тому не рідше, як два рази на рік скло очищають і один раз на рік білять стіни і стелю.

Нормована освітленість на робочих поверхнях при штучному освітленні за зоровими параметрами 500 лк.

Місцеве освітлення утворюється штучними джерелами світла і розподіляється на робоче, аварійне та охоронне. У відповідності характеристики

і призначення приміщень вибирають типи світильників. Вони рівномірно

розміщуються по всій площині цеху. Контроль за освітленістю проводиться не рідше ніж один раз на три місяці та їх відповідне очищення електриком один раз на місяць. Включення загальної системи є централізованим.

Для забезпечення освітлення в темну пору доби використовуються ліхтарі з люмінесцентними лампами або з лампами розжарювання. Перші застосовуються для загального освітлення, а другі – місцевого і аварійного. Ліхтарі з лампами розжарювання встановлюються для освітлення місці де встановлені вимірювальні прилади, щити та пульти управління. Аварійне освітлення встановлено для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в цеху, а також для евакуації людей, у випадку вимикання робочого освітлення. На світильниках аварійного освітлення нанесено відрізняючий знак ПУЕ.

Для проведення ремонтних робіт проведено мережу ремонтного освітлення. Вона працює при напрузі 36В. Живлення здійснюється від понижаючих трансформаторів.

### **Розрахунок природного освітлення**

Виробниче приміщення має розміри  $a*b*N = 27,0*13,5*4,5$  (м). Природне освітлення у приміщенні бокове, одностороннє, 2 вікна розміром  $c*d = 2,0*3,0$  (м).

### **Перевірочний розрахунок**

Для зорових робіт малої точності при найменшому розмірі об'єкта розпізнавання 1-3 мм при боковому освітленні.  $e_H^{IV} = 1\%$  ;

Коефіцієнт світлового клімату  $m = 0,9$ .

Коефіцієнт сонячності клімату  $c$ .

Для світлових отворів (вікон) в зовнішніх стінах будівель, розташованих у IV поясі світлового клімату та зорієнтованих по азимуту в діапазоні 46... 135 градусів відповідно до рекомендацій  $c = 0,75$ .

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для розрахункових умов  $e_n, \%$ :

$$e_n = e_n^{IV} * m * c = 1,0 * 0,9 * 0,75 = 0,675\%$$

Коефіцієнт запасу, що використовується при розрахунку природного освітлення  $k_3 = 1,3 \dots 1,5$ . Прийнято  $k_3 = 1,4$ .

Світлова характеристика вікна  $\eta_v = 10$ .

Коефіцієнт світлопропускання матеріалу  $\tau_1 = 0,8$ .

Коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконні рами  $\tau_2$ . Для дерев'яних одинарних рам  $\tau_2 = 0,75$ .

Коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях  $\tau_3$ . При боковому освітленні згідно рекомендацій  $\tau_3 = 1$ .

Коефіцієнт, що визначає втрату світла у сонцезахисних конструкціях  $\tau_4 = 1$ .

Загальний коефіцієнт світлопропускання  $\tau_{заг} = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 = 0,8 * 0,75 * 1 * 1 = 0,6$

Коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь приміщення: рстелі, рстін, рпідлоги, %

Дані показники визначаються відповідно до для:

- для свіжопобіленої стелі рстелі = 80%;
- для стін рстін = 40%;
- для підлоги рпідлоги = 35%.

Площі внутрішніх поверхонь: стелі  $S_{стелі}$ , стін  $S_{стін}$ , підлоги,  $m^2$   $S_{стелі} = a * b = 27 * 13,5 = 364,5 \text{ м}^2$

$$S_{стін} = 2 * (a + b) * H = 2 * (27 + 13,5) * 4,5 = 364,5 \text{ м}^2$$

Спідлоги= 364,5 м2

Середнє значення коефіцієнта відбиття  $\rho_{сер}$ .

$$\rho_{сер} = \frac{\rho_{стелі} * S_{стелі} + \rho_{стін} * S_{стін} + \rho_{підлоги} * S_{підлоги}}{(S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}) * 100} = \frac{80 * 364,5 + 40 * 364,5 + 35 * 364,5}{(364,5 + 364,5 + 364,5) * 100} = 0,783$$

Співвідношення, що характеризують геометрію приміщення  $a/b$ ,  $b/h$ ,  $1/b$   
 $a/b=2,0$   $b/h = 5,4$   $1/b = 0,296$ .

Коефіцієнт, що враховує підсилення коефіцієнта природного освітлення за рахунок світла, що відбивається від внутрішніх поверхонь приміщення  $r_1$ .

Відповідно до рекомендацій  $r_1 = f(\rho_{сер}, a/b, b/h, 1/b)$ .

При  $\rho_{сер} = 0,783$ ,  $a/b = 1,09$ ,  $b/h = 2,75$ ,  $1/b = 0,78$ .

$r_1 = 3,2$ .

Площа вікон, що необхідна для забезпечення нормованого коефіцієнта освітлення у розрахунковому приміщенні  $S_B$ , м2:

$$S_B = \frac{e_n * \kappa_z * \eta_v * S_{підлоги} * K_{буд}}{\tau_{заг} * r_1 * 100} = \frac{0,68 * 1,4 * 10 * 364,5 * 2,1}{0,6 * 3,2 * 100} = 37,9 \text{ м2}$$

В приміщенні розташовано 2 вікна розмірами  $d \times c = 2 * 3 = 3,0$  (м), їх загальна площа складає  $S_{заг} = 6,0$  м2.

Таким чином передбаченої кількості вікон (їх площі) не вистачає для забезпечення вимог санітарних норм щодо природного освітлення виробничого приміщення для якого розробляються окремі питання з охорони праці.

### Пожежна безпека

Пожежна безпека підприємства в значній мірі обумовлена правилами розміщення на території підприємства будинків і споруд, раціональним плануванням автомобільних доріг. Територія підприємства рівна, має асфальтне покриття, між спорудами втримана протипожежна відстань.

До первинних засобів пожежогасіння належать: вогнегасники (пінні, вуглекислотні), пожежний інвентар (ящик з піском, бочка з водою, відра, лопати, грубововняна тканина), пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири, тощо). Навколо будівлі передбачено пожежний водопровід на глибині 2 м . Для сигналізації про пожежу завод обладнаний зв'язком оповіщення , що являє собою звичайний гучномовець , а також телефонний зв'язок з виходом на центральний приймальний пункт міської пожежної охорони .

У відділенні сушіння пшениці проведені необхідні міри пожежної безпеки експлуатації споруд , які регламентуються розділами СніП 2.01.02 – 85 “Противопожарные требования” .

Вибухонебезпечність споруди даного відділення категорії “ Б ” забезпечена існуючою площею вікон , яка становить 238,0 м<sup>2</sup> (СніП 2.09.02-85 ). В відділенні передбачається тамбур – шлюзи , а також протипожежні двері.

У відділенні сушіння пшениця сушильна установка А2-ПСА обладнана автоматичною системою тушіння пожежі яка включає в себе протипожежну систему контролю що розміщена навколо сушильного барабану .

Дана установка обладнана:

- пристроями для аварійного скидання тиску (вибуховими клапанами при камерному спалюванні палива у топці);
- пилоуловлюючими пристроями;
- пристроями для захисту від зарядів статичної електрики.
- штуцерами для підведення пари на випадок гасіння під час загорання жому.

Печі сушильних установок укомплектовані тягомірами, термометрами, сигналізацією і автоматикою для відключення подачі палива при підвищенні температури у печі понад допустиму величину.

Для протипожежної безпеки передбачений запас води в резервуарах , який визначається із розрахунку гасіння пожежі протягом 3-х год . Витрата води на зовнішнє пожежогасіння 20 л/с , на внутрішнє 5 л/с . Розрахунковий запас води для 3-х годинного пожежогасіння визначається за формулою :

$$Q = \tau * 3600 ( n_1 + n_2 ) / 1000 ;$$

де  $\tau$  – час гасіння пожежі.

$n$  – витрата води на внутрішнє і зовнішнє пожежогасіння , л/с .

$$Q = 3 * 3600 ( 5 + 20 ) / 1000 = 270 \text{ м}^3 ;$$

Розпалювання печі і пуск сушильного апарата можливі тільки після дозволу начальника цеху і проводяться відповідно до виробничої інструкції з охорони праці, яка затверджена власником підприємства.

### **Рекомендації і висновки**

Для зниження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання до допустимого передбачаються наступні заходи:

- вентилятори встановлюються у ізольованих приміщеннях;
- передбачені вібропоглиначі гнучкі вставки для приєднання повітропроводів до вхідних та нагнітаючих патрубків вентиляторів;
- вентилятори встановлені на пружинних амортизаторах;
- своєчасна заміна підшипників;
- змащення ударяючі деталей в'язкими рідинами.

Зниження вібрацій шляхом переводу енергії механічного коливання в інші види енергії, найчастіше в теплову, називають вібродемпферуванням.

Для цього можна використовувати матеріали з більшим внутрішнім тертям (вібродемпферуючі покриття)

Для зменшення теплового випромінювання провести краще теплоізолювання трубопроводів, забезпечити кращу вентиляцію приміщення.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було запропоновано такі зміни в конструкцію барабанної сушарки А2-ПСА для висушування жому: встановлення перекидних клапанів та додаткових трубопроводів, для підведення відпрацьованого сушильного агенту (температурою до 140°C) до зони завантаження вологого жому. Це дозволило повертати певну кількість теплоти до сушарки, попереднє підігрівання та підсушування жому, що, в свою чергу, передбачає зменшення витрат палива на 3%.

Запропонована модернізація жомосушильної установки має такі переваги:

- за рахунок використання відпрацьованих газів зменшується витрати тепла в зовнішнє середовище;
- невеликі матеріальні витрати на модернізацію;
- сушіння жому значно збільшує термін його зберігання, внаслідок чого зменшується кількість відходів на виробництві;
- використання природних ресурсів, за рахунок рециркуляції, більш раціональне;
- зменшує витрати палива (газу), що покращує економічні показники.
- проектне рішення дає можливість зменшити витрати на 1 тону готового продукту на 3,65%.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петрченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Висновки</b>	<b>200380.КР.18.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белик В.Г. , Зозуля С.А. , Жарик Б. Н. И др. “ Справочник по техническому оборудованию сахарных заводов ”. – К.: Техника, 1982 – 340 с.
2. Богомолов О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних та харчових виробництв: навч.посібник. / О.В.Богомолов, П.В.Гурський, В.П.Богомолова – Харків: Еспада, 2005. – 432 с.
3. Гребенюк С. М, Плаксин Ю. М., Малахов Н. Н. Виноградов К. И.Технологическое оборудование сахарных заводов — М.: Колос С. 2007. — 520 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
4. Купчик, М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
5. Методичні рекомендації до виконання випускної роботи для здобувачів освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання / уклад. : В. Г. Мирончук, О. М. Гавва ; Нац. ун-т харч. технол. - Київ : НУХТ, 2018. - 30 с.
6. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук, В.В. Яськов – Львів: Вид-во. Нац. ун-т Львівська політехніка, 2004. – 336 с.
7. Мирончик В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І., Пушанко М. М., Гуцалюк В. М., Яровий В. Л. «Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості». Навч. Посібник – Вінниця. Нова книга. 2004 – 288 с.
8. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум [Текст] : навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. — 162 с.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Миколів І.М.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Петреченко В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Список використаних літературних джерел</b>		<b>200380.КР.18.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.						

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

10. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств [Текст]: Учеб. пособие / В.Н. Стабников, П.П. Лобода, О.В. Стратиенко, П.М. Немирович ; Под ред. В.Н. Стабникова. – К. : Вища шк., 1982. – 199 с.

11. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : підруч. / О. С. Марценюк, Л. М. Мельник ; НУХТ. — К. : НУХТ, 2011. — 407 с.

12. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст]: Підруч. / І. Ф. Малежик, П. С. Циганков, П. М. Немирович, О. С. Марценюк ; Ред. І.Ф. Малежик. — К. : НУХТ, 2003. — 400 с.

13. Рвачов, В.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: навчальний посібник для студентів механічних фахів / В.В. Рвачов. – Одеса: Астропринт, 2001. – 320 с.

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

15. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 1. Под ред. А. И. Соколенко. – К.: АртЭк, 2001. – 304 с.: ил.

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

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

18. Технологічні основи машинобудування: методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напрямів підготовки 6.050502 "Інженерна механіка", 6.050503 "Машинобудування" денної та заочної форм

навчання / уклад. : Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко ; Нац. ун-т харч. технол. —  
К. : НУХТ, 2015. — 193 с.

*200380.КР.18.000 ПЗ*

*Інд. змін.*

*Дата видання*

*Мова  
UA*

*Аркуш  
3*

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіль- кість	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1				<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Вивантажувальний пристрій	1	
		2		Барабан	1	
		3		Привід шнека вивантаження	1	
		4		Бандаж опорний	2	
		5		Вінець зубчастий	1	
		6		Привід барабана	1	
		7		Привід завантажувального	1	
		8		Завантажувальний пристрій	1	
		9		Зонт запобіжний	2	
		10		Витяжна труба	2	
		11		Люки для огляду	6	
		12		Циклон	2	
		13		Клапан перекидний	2	
		14		Перехідний патрубок	6	
		15		Трубопровід		
		16		Підпирний пристрій	1	
		17		Димосос	2	
		18		Топковий пристрій	1	
		19		Ролико-опорна станція	1	
		20		Ролико-опорно-упорна станція	1	
		21		Пристрій ущільнювач	2	
		37		Механізм регулювання клопаном	2	

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Миколай І.М.	Вид документа <b>Специфікація</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Петреченко В.В.	Назва, додаткова назва <b>Загальний вид</b>	200380.KP.18.001			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кількість	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1				<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Шнек	1	
		2		Електродвигун	1	
		3		Горловина	1	
		4		Фланець	1	
		5		Фланець	1	
		11		Редуктор	1	
				<u>Деталі</u>		
		6		Прокладка	1	
		7		Прокладка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8		Болт М10х25.56 ГОСТ1198-70	49	
		9		Гайка М10,5 ГОСТ5915-70	49	
		10		Шайба 10,02 ГОСТ11371-68	49	

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Миколів І.М.	Вид документа <b>Специфікація</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Петреченко В.В.	Назва, додаткова назва <b>Завантажувальний пристрій</b>	200380.КР.18.000			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1

