

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

підпис, дата

**Кваліфікаційна робота бакалавра**  
**зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"**  
**освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг**  
**обладнання хімічних виробництв"**

Тема роботи: Установка для утилізації жому у виробництві цукру-піску. Розробити барабанну сушарку жому.

Виконав:  
студент групи ХМдн – 94чк  
Пономаренко Віталій Павлович

\_\_\_\_\_

підпис

Залікова книжка

№ \_\_\_\_\_

Кваліфікаційна робота бакалавра  
захищена на засіданні ЕК

Керівник:  
ст. викладач

з оцінкою \_\_\_\_\_ Корнієнко Віктор Миколайович  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. \_\_\_\_\_

підпис, дата

**Підпис голови**  
(заступника голови) комісії

\_\_\_\_\_

**СУМИ 2023**

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Кафедра хімічної інженерії**

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"  
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4 Група ХМдн – 94чк Семестр 8

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Пономаренку Віталію Павловичу

1 Тема роботи: Установка для утилізації жому у виробництві цукру-піску  
.Розробити барабанну сушарку жому.

2 Вихідні дані: Розробити барабанну сушарку жому. Продуктивність установки - 200 т/добу, вологість сирого жому - 94% мас., вологість відпресованого жому-88%мас., вологість сухого жому-12%мас.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

1. Технологічна схема установки – 1 арк.
2. Складальне креслення бабанної сушарки – 1,0 арк.
3. Креслення складальних одиниць – 2 арк.

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 384 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

| Етапи та розділи проектування      | ТИЖНІ |     |     |     |   |
|------------------------------------|-------|-----|-----|-----|---|
|                                    | 1     | 2,3 | 4,5 | 6,7 | 8 |
| 1 Вступна частина                  | x     |     |     |     |   |
| 2 Технологічна частина             |       | xx  |     |     |   |
| 3 Проектно-конструкторська частина |       |     | xx  |     |   |
| 4 Розробка креслень                |       |     |     | xx  |   |
| 5 Оформлення записки               |       |     |     |     | x |
| 6 Захист роботи                    |       |     |     |     | x |

6 Дата видачі завдання

жовтень 2022 р.

Керівник

\_\_\_\_\_

підпис

ст. викл. Корнієнко В. М.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| <b>ВСТУП</b>   | 5  |
| <b>1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>  | 7  |
| 1.1 Опис технологічної схеми сушильної установки                         | 7  |
| 1.2 Теоретичні основи процесу  | 8  |
| 1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів | 13 |
| <b>2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА</b>                       | 19 |
| 2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу                             | 19 |
| 2.2 Технологічні розрахунки  | 36 |
| 2.3 Конструктивні розрахунки   | 38 |
| 2.4 Гідравлічний опір апарата  | 42 |
| 2.5 Вибір допоміжного обладнання   | 43 |
| <b>3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ</b>                                  | 45 |
| 3.1 Визначення товщини стінки апарата                                    | 45 |
| 3.2 Розрахунок бандажа та опорних роликів                                | 49 |
| 3.3 Розрахунок зубчатої передачі   | 51 |
| <b>4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА</b>  | 57 |
| 4.1 Монтаж розробленого апарата  | 57 |
| 4.2 Ремонт апарата   | 62 |
| <b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ</b>   | 64 |
| <b>ВИСНОВКИ</b>  | 73 |
| <b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b>   | 74 |
| <b>ДОДАТКИ</b>   |    |

|                  |             |                    |               |             |   |             |             |                |
|------------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|---|-------------|-------------|----------------|
|                  |             |                    |               |             | <b>ХІ.С.00.00.00 ПЗ</b>   |             |             |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докцм.</i>    | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |   |             |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Пономаренко</i> |               |             | Установка для утилізації жому у виробництві цукру-піску.<br>Розробити барабанну сушарку жому. | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>КОРНІЄНКО</i>   |               |             |   |             | 4           | 74             |
| <i>Н. контр.</i> |             |                    |               |             | <i>СумДУ,<br/>гр. ХМдн-94чк</i>   |             |             |                |
| <i>Затв.</i>     |             |                    |               |             |   |             |             |                |

## Вступ [1]

Харчова промисловість України - одна з провідних галузей агропромислового комплексу України.

Вона об'єднує 22 спеціалізованих галузі, що включають більше 40 основних виробництв, а за обсягом валової продукції - посідає друге місце після машинобудування і металургії.

Більшість вітчизняних технологій не поступаються за ефективністю та технологічністю кращим досягненням європейських держав, вони передбачають виробництво харчових продуктів широкого асортименту та високої якості. Але наявне устаткування має переважно низькі техніко-економічні показники (невисоку продуктивність, велику матеріальну та енергетичну ємкість), що обумовлює підвищення собівартості та зниження якості продукції.

Тільки оснащення харчової промисловості досконалыми високопродуктивними, економічними та автоматизованими технологічними лініями, обладнанням, устаткуванням на рівні кращих світових зразків спроможне забезпечити виробництво якісних продуктів.

Цукрова галузь України за темпами розвитку, рівнем конкуренції та ефективності виробництва значно відстає від зарубіжних країн і на даний час перебуває в кризовому стані, існує, зокрема значне зменшення площ посіву цукрових буряків і виробництва цукру, відбувається руйнування системи оптової торгівлі, а також втрати зовнішніх ринків збуту продукції та системи кредитування всього комплексу в цілому. Таким чином ситуація, що склалась в цукровій промисловості призводить до руйнування всієї галузі в цілому.

Сучасну базу цукрової промисловості в Україні представляють в основному підприємства малої і середньої потужності, основна виробничо-технічна база яких - стара, технічно спрацьована, яка потребує переоснащення і реконструкції.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Коефіцієнт спрацювання основних фондів на багатьох заводах сягає 55 - 65 %, а затрати праці, сировини, палива, допоміжних матеріалів на виробництво продукції значно перевищують показники інших країн. Для подальшого функціонування таких підприємств потрібні значні витрати коштів, що не завжди економічно доцільно, оскільки не сприяє підвищенню рівня концентрації та ефективності виробництва і гальмує технічний прогрес підприємства.

Цінним продуктом буряко- цукрового виробництва є жом. Жом у свіжому, кислому і сухому виді йде на корм худобі. Жом – м'якоть буряку. Вихід жому складає 5 кг на 100 кг буряку. Сухі речовини жому складаються з пектинових речовин (45%), целюлози і геміцелюлози (приблизно по 20%), білків, золи і цукру (по 2-4%). Жом використовують в якості корму для тварин, для виробництва харчового пектину і пектинового клею.

Основними технологічними операціями у виробництві цукру можна вважати дві: вилучення цукру з буряків та випарювання води до кристалізації цукру. Решта операцій – допоміжні.

Свіжий жом виходить із дифузійних апаратів і містить у собі 92-93% води й 8-7% сухих речовин. Він може зготовується й у такому виді, але для здешевлення й зручності транспортування до споживачів з нього відпресовують частину води і доводять вміст сухих речовин у ньому до 12-14% (віджатий жом). Кислий жом отримують у результаті зберігання свіжого або віджатого жому у сховища.

Жом, що не зготовується у свіжому або віджатому виді, піддається висушуванню. Для зменшення витрати тепла на висушування значна частина води зі свіжого жому віддається за допомогою пресів з доведенням змісту сухих речовин у ньому до 18-25%. Сухий жом можна брикетувати.

Тема даної кваліфікаційної роботи бакалавра передбачає проектування установку для утилізації жому з розробкою барабанної сушарки .

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

# 1 Технологічна частина[2]

## 1.1 Опис технологічної схеми висушування жому

Цінним продуктом буряко цукрового виробництва є жом. Жом у свіжому, кислому і сухому виді йде на корм худобі. Жом – м'якоть буряку.

Жом, який не згодуюється в свіжому і віджатому вигляді, піддається висушуванню.

Віджятий жом по конвеєру віджатого жому (поз. 1) подається із дифузійного відділення і по стрічковому транспортеру(поз.2) потрапляє у жомосушильний комплекс. Із стрічкового транспортера (поз.2) жом потрапляє у шнековий конвеєр (поз.3), з нього жом потрапляє у два шнекових дозувальних конвеєрів (поз.4), з яких жом потрапляє у два жомосушильних барабана(поз.6 і 7).

Якщо подача жому перевищує норму, то жом із конвеєра (поз.3) пересипається на аварійний стрічковий транспортер (поз.5) і з нього на стрічковий транспортер віджатого жому (поз. 1).

У топки обох жомосушильних барабанів подається природній газ і вентилятором(поз. 18) нагнітається повітря в камеру згорання. В топи і утворюються топкові гази температурою 600-650°C. У камері змішування топкові гази охолоджуються повітрям, яке подається вентилятором(поз. 16), внаслідок чого їхня температура знижується до 200-250°C, яка необхідна для проведення процесу сушіння. Охолоджені топкові гази контактують з жомом, що подається прямоітно і випаровують з жому надлишкову вологу.

Висушений жом вивантажується із сушарки вивантажувальною камерою і потрапляє у проміжний конвеєр(поз.8), з якого висушений жом з обох сушарок двома норіями(поз. 14) подається на стрічковий транспортер сухого жому (поз. 13). З стрічкового транспортеру сухого жому (поз. 13) сухий жом подається на стрічкову норію (поз. 17) і йде на гранулювання.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Якщо ж жом із сушарок виходить недосушеним то він потрапляє на аварійний стрічковий транспортер (поз.12) і по аварійному стрічковому конвеєру(поз.5) відводиться на конвеєр віджатого жому (поз. 1).

Відпрацьовані топкові гази з жомовим пилом відсмоктуються з вивантажувальної камери вентиляторами(поз. 15), які стоять після циклонів(поз. 9). У циклонах затримуються і осідають частинки пилу і тому. чисте повітря видаляється в атмосферу, а видалений пил виводиться шнековим конвеєром (поз 10 і 11) і він подається у видвижний шнековий конвеєр (поз 8).

На випадок пожежі, при самозагорянні жому, до жомосушильних барабанів з двох боків підводяться трубопроводи ретурної пари для тушіння пожежі.

## 1.2 Теоретичні основи процесу [2]

Жом – м'якоть буряку. Вихід жому складає 5 кг на 100 кг буряку. Сухі речовини жому складаються з пектинових речовин (45%), целюлози і геміцелюлози (приблизно по 20%), білків, золи і цукру (по2-4%). Жом використовують в якості корму для тварин, для виробництва харчового пектину і пектинового клею.

Основними технологічними операціями у виробництві цукру можна вважати дві: вилучення цукру з буряків та випарювання води до кристалізації цукру. Решта операцій – допоміжні.

Свіжий жом виходить із дифузійних апаратів і містить у собі 92-93% води й 8-7% сухих речовин. Він може згодувється й у такому виді, але для здешевлення й зручності транспортування до споживачів з нього відпресовують частину води і доводять вміст сухих речовин у ньому до 12-14% (віджатий жом).Кислий жом отримують у результаті зберігання свіжого або віджатого жому у сховища.

Жом, що не згодується у свіжому або віджатому виді, піддається

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

висушуванню. Для зменшення витрати тепла на висушування значна частина води зі свіжого жому віддаляється за допомогою пресів з доведенням змісту сухих речовин у ньому до 18-25%. Сухий жом можна брикетувати.

Вологу з матеріалу можна усунути різноманітними способами: механічним, фізико-хімічним і тепловим.

Під час механічного способу вологу видаляють пресуванням, відсмоктуванням насосами, фільтруванням, центрифугуванням. За цього випадку забезпечується часткове вилучення вологи з матеріалу.

Фізико-хімічний спосіб базується на абсорбції вологи хлористим кальцієм, сірчаною кислотою, силікагелем та іншими гігроскопічними речовинами. Спосіб складний, оскільки пов'язаний з приготуванням та регенерацією порівняно дорогих абсорбентів. Застосовується в лабораторній практиці і для осушування газів.

Під час теплового способу вологу з матеріалів виділяють випаровуванням, випарюванням і подальшою конденсацією. Спосіб застосування у випадку необхідності найповнішого вилучення вологи з матеріалу.

В основі механічних і фізико-хімічних лежать принцип вилучення з продуктів вологи без змін її агрегатного стану, тобто у вигляді рідини.

Під час теплових способів волога переходить у пароподібний стан і видаляється з продуктів у вигляді водяної пари.

Цей спосіб сушіння пов'язаний з витратою тепла що йде на зміну агрегатного стану вологи.

Розрізняють основні способи сушіння - контактний і конвективний; і спеціальні – радіаційний, діелектричний і сублімаційний.

Під час контактного (або кондуктивного) сушіння теплота до продукту передається від теплоносія (повітря, димових газів або водяної пари) або будь-якого іншого джерела через стінку, що їх розділяє.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |



Контактним способом сушать молоко, дріжджі, картопляне пюре, пастоподібні овочеві та фруктові продукти. Конвективне сушіння протікає під час безпосереднього стикання нагрітого сушильного агента з вологим матеріалом. Цим способом найбільш розповсюдженим у сушильній техніці сушать хлібні та макаронні вироби, цукор, овочі, плоди, зерно, молоко, меланж деякі кондитерські вироби. Радіаційне сушіння здійснюється шляхом опромінення продукту інфрачервоними променями є швидке його прогрівання, в той час, як повітря в просторі між ІЧ випромінювачем і матеріалом майже не нагрівається в полі струмів високої та невисокої частоти.

Установка призначена для сушіння вологого матеріалу сільськогосподарського призначення - бурячного жому, що є побічним продуктом цукрового виробництва і складає до 85% від загального обсягу переробленого буряку. Зміст сухих речовин на виході жома з установки становить до 90%. Сухий матеріал зручний у зберіганні, транспортуванні, екологічно чистий і придатний для подальшого застосування

На сьогоднішній день найпоширенішим типом жомосушильної установки є установка барабанного типу. Жомосушильна установка барабанного типу складається з: топкової камери, в якій знаходиться газо-мазутний пальник з регулятором тиску, камери змішування меласи та вологого жома, витяжної труби топкових газів, завантажувальної камери із системою завантаження матеріалу, барабана, сушильного приводу, вивантажувальної камери (системи вивантаження матеріалу), циклона (відводу пилу з камери), вентиляторів подачі та віддачі повітря, ємностей пожежогасіння, системи керування.

Бурячний жом подається в середину барабана за допомогою закріпленого в кінцевій частині топки завантажувального жолоба. Із завантажувального жолоба жом надходить на спіральні лопатки, розташовані в початковій частині барабана та за допомогою обертання передається в барабан, поки він не потрапить на хрестоподібні полки. В області хрестоподібних полиць, які є основним елементом розвантаження барабана, жом пересипається з полки на

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

полицю, у той час як полки обертаються разом з усім барабаном. Рух жому у середині барабана забезпечується як його обертанням, так і тиском потоку газів, що виходять із топки.

При зіткненні жома з топковими газами, з вологого жома випаровується вода, що разом з газами та жомовим пилом видувається назовні за допомогою витяжного вентилятора, що перебуває на корпусі камери вивантаження (димососа), циклонів і димаря.

Тривалість знаходження жома в барабані може регулюватися за допомогою плоского шлюзового затвора барабана, що перебуває на зовнішній передній стінці.

Залежно від положення затвора міняється розміщення жома в середній частині барабана, а і отже тривалість знаходження жома в області гарячих топочних газів.

Із середньої частини барабана газу й водяна пара виводяться за допомогою спіралеподібних каналів, які проходять по всьому перерізу барабана. По периметру барабана знаходяться розвантажувальні лопатки, які направляють жом до камери вивантаження. Жом переходить із середньої частини барабана в камеру вивантаження, звідки він попадає через патрубковий шнековий конвеєр розвантаження.

Сушарка Бютнера представляє собою барабан з внутрішньою хрестоподібною насадкою, яка при обертанні робить від 0,4 до 2 об / хв. Віджаний жом надходить з одного кінця барабана і поступово рухається до іншого, пересипаючись при обертанні барабана з полицки на полицку.

Для висушування жому використовується тепло димових газів від спалювання палива в спеціальних топках або газів, що відходять з котельні заводу (у першому випадку температура газів 800 - 900 ° С, у другому 250 - 350 ° С).

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Витрата умовного палива для сушарок системи Бютнер залежить від ступеня віджимання вологи перед сушінням і коливається від 45 до 75 кг на 100 кг сухого жому.

При роботі на відхідних газах заводських котелень з температурою близько 300 ° С на сушарках системи Бютнер можна висушити до 35% всього жому, одержуваного заводом, а на сушарках баштових типу Гюярда - до 50%.

Якщо врахувати вартість сирого бурякового жому, який втрачається щорічно, то витрати на установку сушильних агрегатів і будівництво жомосушильного цехів окупляться приблизно за два-три роки.

Для зменшення обсягу сушеного жому застосовується його брикетування, іноді з додаванням від 2 до 20% меласи, що значно підвищує його поживну цінність.

Сушений жом (не брикетований) зберігається насипом (1 м<sup>3</sup> важить ~220 кг). При пресуванні жому у брикети насипна вага 1 м<sup>3</sup> брикетів становить близько 500 кг.

З 100 кг сирого жому утворюється наближено 7 кг сухого.

Способи і види сушіння: природне і штучне. Природна сушка здійснюється в атмосфері оточуючого повітря без додаткового підведення теплоти. Штучна сушка здійснюється в спеціальних сушильних установках, що забезпечують інтенсивне видалення вологи з продукту. Природній сушці піддаються зерно, овочі, плоди і інша рослинна сировина. Вона знаходить застосування при в'яленні риби і морепродуктів.

Штучна сушка за способом підведення енергії (теплоти) підрозділяється на конвективну, контактну (кондуктивну), радіаційну, діелектричну, сублимацію.

Конвективна сушка здійснюється за рахунок взаємодії продукту з сушильним агентом. В якості сушильного агента використовують повітря, перегрітий пар.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

При контактній або кондуктивній сушці теплота до продукту передається від теплоносія або якого-небудь іншого джерела через розділяючу їх стіну.

Радіаційна сушка здійснюється за рахунок теплоти, яка передається шляхом інфрачервоного випромінювання.

При діелектричній сушці продукт нагрівається в полі струмів високої і надвисокої частот.

Сушка сублімації відбувається в умовах вакуума. При цьому продукт знаходиться в замороженому стані.

Для умов харчової промисловості і громадського харчування щонайбільше значення мають конвективний і контактний види сушки. Для сушки особливо цінних харчових продуктів, що володіють високою термочутливістю, застосовують сушку сублімації. Радіаційна і діелектрична сушка до справжнього часу не отримала широкого промислового розповсюдження.

### 1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструкційних матеріалів[5]

Сушарка жому складається з корпусу внутрішнім діаметром 3400мм, що виготовлений із товстолистової сталі. На корпусі болтами закріплені два опорні бандажі і зубчастий вінець за допомогою барабан приводиться в обертання. Бандажі опираються на дві пари роликів опорної і опорно-упорної) станцій. Кожна із станцій закріплена на фундаментній плиті, що в свою чергу закріплена на фундаменті. Упорні ролики попереджують осьовий зсув барабана. На початку барабана в середині приварені перекидні лопатки для кращого розподілу жому по барабану. Решту своєму барабану займають хрестоподібні насадки для збільшення контакту жому з газами. Крім цих насадок до стінок корпусу кріпляться додаткові насадки для пересипання жому.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

На корпусі барабана розмішені шість люків, для огляду, обслуговування і ремонту барабана.

Барабан приводиться в обертання від привода, що складається з електродвигуна, трьох ступінчастого редуктора і підвінцевої шестерні, що передає обертання на зубчастий вінець. Частота обертання може змінюватись в межах 1,43-2,85 об/хв.

В торцеву частину початку барабана подаються топкові газу в суміші з повітрям температурою 200-250°C, що отримуються в окремій топці і рухаються прямоотічно з висушуваним жомом.

В кінці барабана стоїть вивантажувальна камера. В ній розміщена улітка, за допомогою якої можливо збільшувати чи зменшувати тривалість перебування жому в барабані. Улітка складається з двох стінок, з'єднаних лопастями, що вигнуті по ходу обертання. До зовнішньої поверхні улітки кріпляться скребки, що транспортують жом до вивантажувального отвору.

Регулювання улітки здійснюється ручним обертанням валу, що передає обертання на вал улітки. внаслідок чого лопастіулітки провертаються збільшуючи чи зменшуючи кількість вивантажувального жому.

Вивантажувальний пристрій вгорі має дві витяжні трубидля відведення відпрацьованих газів із частинками жому і пилу, що ними захопилися.

Ця суміш пропускається через два циклони де повітря очищається і виводиться в атмосферу.

При сушінні жому може статись самозагоряння жому, тому на вивантажувальному пристрої розміщений патрубок подачі ретурної паридля гасіння пожежі

Технічна характеристика жомо сушильного барабана приведена в таблиці

1.1

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Табл.1.1 Технічна характеристика жомо сушильного барабана

| Показник                                | Значення |
|---|----------|
| Продуктивність по сушеному жому, т/добу | 160      |
| Вологість жому, %                       |          |
| - віджатого                             | 88       |
| - сухого                                | 18       |
| Температура, °С                         |          |
| - жому, що поступає                     | 30       |
| - топкобихгазіб(охолоджених)            | 200-250  |
| - відхідних газів                       | 130      |
| Електродвигун                           |          |
| - тип                                   | 5A200I6  |
| - потужність, кВт                       | 30       |
| - частота обертання, об/хв              | 978      |
| Редуктор                                | ЩЗУ-335  |
| Передаточне відношення                  | 50       |
| Діаметр барабана, мм                    | 3400     |
| Габаритні розміри барабана, мм-'        |          |
| - довжина                               | 21800    |
| - ширина                                | 6000     |
| - висота                                | 8000     |
| Маса барабана, кг                       | 63000    |

Жомосушильний барабан працює безперервно на протязі всього часу роботи цукрового заводу, тому пуск сушарки і експлуатація проводиться по певним правилам .

Перед пуском потрібно:

- перевірити заземлення всіх електродвигунів;
- перевірити наявність мастила у всіх точках змащення;
- перевірити ущільнення трубопроводів відсмоктування газів;
- перевірити ущільнення трубопроводу подачі газу в топку і саму топку;

- перевірити роботу проводу - правильність зачеплення вінцево-зубчастої пари; прямолінійність обертання корпусу барабана;

- проводять ввімкнення обладнання і перевіряють все ще раз на холостому ході і потім тільки подають віджати жом на сушарку

В процесі роботи сушарки слідкують за:

- подачею в сушарку віджатого жому  
- подачею природного газу в топку і температурою топкових газів;  
- подачею повітря в топку і в камеру охолодження;  
- положенням бандажів відносно опорно-упорної станції і якщо наявне зміщення то відрегулювати положення упорними роликками;

- за роботою приводом станом і навантаженням на двигун; роботою редуктора і наявністю в ньому мастила; за контактом вінцево-зубчастої пари;

- за справністю ущільнень на трубопроводах відсмоктування відпрацьованих газів з пилом;

- за роботою циклонів для очищення повітря.

По закінченні роботи:

провести огляд сушарки через оглядові люки і очистити і від залишків жому; оглянути і очистити все допоміжне транспортне обладнання подачі і відведення жому ; оглянути топку і камеру змішування сушарки,

- оглянути привод барабана; особливу увагу звернути на підшипники  
- кочення підвінцевої шестерні і редуктора, а також на стан муфт зчеплення ; оглянути труби відсмоктування відпрацьованих газів і циклонів очищення повітря.

#### Вибір конструкційних матеріалів [6]

В сушильний простір барабана сушарки подається топковий газ, змішаний з повітрям, при температурі 200-250 °С. Далі відповідно до [6] вибираємо матеріал для барабана сушарок і конструктивних елементів, які безпосередньо контактують із навколишнім середовищем при середній температурі не вище 300 °С, товсто листову сталь СтЗспЗ ГОСТ 380-94.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

СтальСтЗспЗ — вуглецева сталь нормальної якості. Сталь хімічно та корозійно стійка в середовищі, що забезпечується робочими параметрами, має гарну зварюваність, високі міцнісні та пластичні характеристики в робочих умовах, допускає холодну та гарячу механічну обробку, дуже поширена в харчовій промисловості.

Бандажі барабанів дуже важко змінити, тому їх виготовляють з високоякісної вуглецевої сталі, щоб забезпечити їх довговічність. Відповідно до [6] ми вибираємо сталь 35Л ГОСТ 977-86, яка використовується у виробництві деталей, які працюють під впливом середніх статичних і динамічних навантажень, які вимагають більшої міцності і більш високої зносостійкості, розподіл піддають термічній обробці. . : покращення (нормалізація відносно середньої температури 860...880°C і залишається при середній температурі 600...630°C [6]).

Вінцева шестірня - дуже відповідальна частина, яка працює під високою напругою. Тому вінцеві шестерні відливають зі сталі, а зуби шліфують. Відповідно до [6] вибираємо сталь 45Л ГОСТ 977-86, її використовують для виготовлення деталей, які працюють під впливом середніх статичних і динамічних навантажень, вимагають більшої міцності та більшої зносостійкості. Твердість робочої поверхні зубів коронної шестерні  $MM_{>v2} = 235...262HB$ , підвенцевої  $H_{nv1} = 269...302HB$ .

Ролики виготовляють з менш міцного матеріалу, ніж бандажі, ролики виготовляють зі сталі тільки в критичних випадках, їх фактично отримують з відливки і обточують. Використання частин з м'якого матеріалу з великою кількістю обертів роликів призводить до швидшого зношування та меншої стійкості роликів до зношування, .Зношені ролики легше замінити та дешевше, ніж шини для роликів. Відповідно до рекомендацій приймаємо чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85.

До валів, цапф пред'являються підвищені вимоги, в якості матеріалу валу і осі приймаємо середньовуглецеву низьколеговану сталь 40Х ГОСТ 4543-71

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |



[3]. . ] Твердість робочої поверхні валу  $MM > v = 212$  . Термічна обробка для підвищення необхідної твердості робочих поверхонь вала, загартування в маслі при середній температурі 840 ... 860 С і високотемпературної при середній температурі 550 ... 600 ° С з повітряним охолодженням. [6].

В якості матеріалу для болтів, шпильок, гайок та інших деталей, що використовуються для кріплення пристрою на опорах, різних вузлах і деталях, приймається конструкційна вуглецева сталь - сталь 35 ГОСТ 1050-74.

В якості матеріалу для ущільнення стрічки в зоні сушіння барабана техпластинну гуму по ГОСТ 7338-77.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## 2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

### 2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу [3]

Вологість сирого жома після дифузії  $W_0 = 94 \%$

Вологість від пресованого жому  $W_1 = 88 \%$

Вологість жому після сушіння  $W_2 = 12 \%$

Продуктивність сушильного відділення по висушеному матеріалу

$$G = 200 \text{ Т/доб} = 8333,3 \text{ КГ/ГОД}$$

Стан повітря зовні

- температура  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

- відносна вологість  $\gamma_0 = 85 \%$

- ентальпія  $l_0 = 52,5 \text{ КДЖ/КГ}$

- вологовміст  $d_0 = 12,8 \text{ Г/КГ}$

Сушильний агент – димові газы топливо-топочного мазута.

Температура теплоносія перед сушкою  $t_1 = 750 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура теплоносія після сушки  $t_2 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$

Час сушіння  $t_{\text{суш}} = 30 \text{ хв.}$

Приймаємо до установки 2 сушильних барабани 160 т/доб. кожний.

#### Матеріальний баланс

По висушеному жому

Кількість відпресованого жома

$$q_1 = q_{\text{ж}} \frac{100 - W_0}{100 - W_1} \quad (2.1)$$

Де:  $q_{\text{ж}}$  – 90% вихід сирого жома по вазі буряка

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$q_1 = 90 \frac{100 - 94}{100 - 88} = 45 \text{ кг}$$

Розрахуємо кількість віділеної вологи на пресах

$$W_{\Pi} = q_{\text{ж}} - q_1 \quad (2.2)$$

$$W_{\Pi} = 90 - 45 = 45 \text{ кг}$$

Визначимо вагу сухого жома, не враховуючи витрат сухих речовин в жомопресовій воді

$$q_2 = q_1 \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \quad (2.3)$$

$$q_2 = 45 \frac{100 - 88}{100 - 12} = 6,14 \text{ кг}$$

Визначимо кількість видаленої вологи на сушці

$$W_{\text{суш}} = q_1 - q_2 \quad (2.4)$$

$$W_{\Pi} = 45 - 6,14 = 38,86 \text{ кг}$$

Визначимо кількість видаленої вологи на сушці на вагу сухого жому

$$W_{\text{с.ж}} = \frac{W_{\text{суш}}}{q_2} * 100\% \quad (2.5)$$

$$W_{\text{с.ж}} = \frac{38,86}{6,14} * 100\% = 633\%$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Визначимо кількість видаленої вологи барабаном

$$W_B = G \frac{W_{с.ж}}{100} \quad (2.6)$$

$$W_B = 666,65 \frac{633}{100} = 4219,9 \text{ кг/год}$$

### Тепловий розрахунок

В якості пального використовуємо природний газ. Склад газу по об'єму, % представлено в таблиці 2.1

Табл.2.1 Склад газу по об'єму

| CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | NO <sub>2</sub> | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | N <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|
| 98,562          | 0,439                         | 0,143                         | 0,026                          | 0,023           | 0,003                          | 0,004                         | 0,002                          | 0,761          | 0,03            |

Нижча теплота згоряння пального:  $Q_P^H = 35858,02 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$

Теоретичний об'єм повітря необхідний для повного згоряння газу при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha=1$ , температурі 0°C і тиску 760мм.рт.ст.  $V^0 = 9,51 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$

Теоретичні об'єми продуктів згоряння при  $\alpha=1$

$$V_{RO_2}^0 = 1 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; V_{N_2}^0 = 7,52 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; V_{HO_2}^0 = 2,15 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; V_r^0 = 10,67 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3};$$

Теплота, внесена в топочну камеру газоподібним паливом, рівна його теплотворній спроможності, тобто:

$$Q_T = Q_H^c = 35858,02 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Визначаємо коефіцієнт використання тепла в топці,

де,  $q_3$  — втрати теплоти від хімічного недопалу,  $q_3=1,0\%$ .

$q_5^m$  - втрати теплоти від зовнішнього охолодження топки,  $q_5^m=1,2\%$ .

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$\beta_T = 1 - \frac{1 + 1,2}{100} = 0,978$$

Визначаємо коефіцієнти надлишку повітря, в топочній камері

$$\alpha_T = 2920 \cdot \frac{\beta_T}{\theta_T} \cdot 0,43 \quad (2.7)$$

де  $\theta_T$  - температура газів в топочній камері  $\theta_T = 1300^\circ\text{C}$ .

$$\alpha_T = 2920 \cdot \frac{0,978}{1300} \cdot 0,43 = 1,77$$

- в камері змішування

$$\alpha_{\text{к.з.}} = 2920 \cdot \frac{\beta_T}{\theta_{\text{к.з.}}} \cdot 0,43$$

де  $\theta_{\text{к.з.}}$  - температура газів в камері змішування,  $\theta_{\text{к.з.}} = 850^\circ\text{C}$ ,

$$\alpha_{\text{к.з.}} = 2920 \cdot \frac{0,978}{850} \cdot 0,43 = 2,93$$

- на вході в сушильний барабан:

$$\alpha' = \alpha_{\text{к.з.}} + \Delta\alpha' \quad (2.8)$$

де,  $\Delta\alpha'$  - приріст коефіцієнта надлишку повітря на вході газів в барабан  
 $\Delta\alpha' = 0,3$ .

$$\alpha' = 2,93 + 0,3 = 3,23$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

- на вході в матеріалопровід:

$$\alpha'' = \alpha' + \Delta\alpha'' \quad (2.9)$$

де  $\Delta\alpha''$ — приріст коефіцієнта надлишку повітря на виході газів з барабану  $\Delta\alpha'' = 0,3$ .

$$\alpha'' = 3,23 + 0,3 = 3,53$$

Визначаємо об'єм повітря, що подається відповідно в топочну камеру  $V_n'$  і камеру змішування  $V_n''$  в  $\frac{м^3}{м^3}$ ,

$$V_n' = \alpha_r \cdot V^0 \quad (2.10)$$

$$V_n' = 1,77 \cdot 9,51 = 16,83$$

$$V_n'' = (\alpha_{к.з.} - \alpha_r) \cdot V^0 \quad (2.11)$$

$$V_n'' = (2,93 - 1,11)9,51 = 11,03$$

Визначаємо теплоту в кДж/м<sup>3</sup> внесену з повітрям в топочну камеру  $Q_n'$  і камеру змішування  $Q_n''$

$$Q_n' = V_n' \cdot c' \cdot \theta_n' \quad (2.12)$$

$$Q_n'' = V_n'' \cdot c'' \cdot \theta_n'' \quad (2.13)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

де,  $c'$  і  $c''$  - теплоємність повітря, внесеного відповідно в топочну камеру і камеру змішування, кДж/(м<sup>3</sup>К).

$\theta_n''$  - температура зовнішнього повітря;  $\theta_n''=30^\circ\text{C}$ .

При вдуванні в топочну камеру повітря, підігрітого в каналах між самою камерою і її кожухом, температура повітря на вході в топочну камеру становитиме  $\theta_n'=100^\circ\text{C}$ . При  $\theta_n'=100^\circ\text{C}$ ,  $c'=1,325$  кДж/(м<sup>3</sup>К) по [14 ст.175]. Охолодження топочних газів проводиться повітрям із цеху в камері змішування. При температурі цехового повітря  $\theta_n''=30^\circ\text{C}$ ,  $c''=1,322$  кДж/(м<sup>3</sup>К)

Тоді:

$$Q = 16,83 \cdot 1,325 \cdot 100 = 2229,98$$

$$Q_n'' = 11,03 \cdot 1,322 \cdot 30 = 437,45$$

Визначаємо втрати теплоти в топочному пристрої кДж/м<sup>3</sup>

- від хімічної неповноти згоряння

$$Q_3 = q_3 \cdot \left( \frac{Q_r + Q_n' + Q_n''}{100} \right) \quad (2.14)$$

$$Q_3 = 1 \cdot \left( \frac{35858,02 + 2229,98 + 437,45}{100} \right) = 385,25$$

в навколишнє середовище:

$$Q_5^T = q_5^T \cdot \left( \frac{Q_r + Q_n' + Q_n''}{100} \right) \quad (4.15)$$

$$Q_5^T = 1,2 \cdot \left( \frac{35858,02 + 2229,98 + 437,45}{100} \right) = 462,31$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Визначаємо ентальпію теоретично необхідної кількості повітря в кДж/м<sup>3</sup>

$$I_n^0 = V^0(c \cdot \theta)_n \quad (4.16)$$

де:  $(c \cdot \theta)_n$  – ентальпія 1 м<sup>3</sup> повітря при його температурі в кДж/м<sup>3</sup>.  
Значення  $(c \cdot \theta)_n$  при  $\theta = 1400, 1300, 1100, 1000, 900, 800, 200, 100^\circ\text{C}$

$$I_{n1400}^0 = 9,51 \cdot 2078 = 19761,78$$

$$I_{n1300}^0 = 9,51 \cdot 1915 = 18211,65$$

$$I_{n1100}^0 = 9,51 \cdot 1596 = 15177,96$$

$$I_{n1000}^0 = 9,51 \cdot 1437 = 13665,87$$

$$I_{n900}^0 = 9,51 \cdot 1282 = 12191,82$$

$$I_{n800}^0 = 9,51 \cdot 1131 = 10755,81$$

$$I_{n200}^0 = 9,51 \cdot 266 = 2529,66$$

$$I_{n100}^0 = 9,51 \cdot 132 = 1255,32$$

Визначаємо ентальпію продуктів згоряння 1 м<sup>3</sup> газу в кДж/м<sup>3</sup> при  $\alpha=1$

$$I_r^0 = V_{\text{RO}_2}(c \cdot \theta)_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}(c \cdot \theta)_{\text{N}_2} + V_{\text{HO}_2}(c \cdot \theta)_{\text{HO}_2} \quad (2.17)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |



$(c \cdot \theta)_{\text{RO}_2}; (c \cdot \theta)_{\text{N}_2}; (c \cdot \theta)_{\text{HO}_2}$  - ентальпії  $1\text{м}^3$  відповідно повітря, триаточних газів і водяних парів при температурі  $\theta$ ,  $\text{кДж/м}^3$ . Значення ентальпій продуктів згоряння палива

при  $\theta = 1400, 1300, 1100, 1000, 900, 800, 200, 100^\circ\text{C}$  Підставляючи дані отримаємо:

$$I_{r1400}^0 = 1 \cdot 3243 + 7,52 \cdot 2011 + 2,15 \cdot 2560 = 23869,72$$

$$I_{r1300}^0 = 1 \cdot 2979 + 7,52 \cdot 1852 + 2,15 \cdot 2346 = 21949,94$$

$$I_{r1100}^0 = 1 \cdot 2460 + 7,52 \cdot 1546 + 2,15 \cdot 1927 = 18228,97$$

$$I_{r1000}^0 = 1 \cdot 2204 + 7,52 \cdot 1395 + 2,15 \cdot 1726 = 16405,3$$

$$I_{r900}^0 = 1 \cdot 1952 + 7,52 \cdot 1244 + 2,15 \cdot 1525 = 14585,63$$

$$I_{r800}^0 = 1 \cdot 1705 + 7,52 \cdot 1094 + 2,15 \cdot 1337 = 12806,43$$

$$I_{r200}^0 = 1 \cdot 358 + 7,52 \cdot 260 + 2,15 \cdot 305 = 2968,95$$

$$I_{r100}^0 = 1 \cdot 170 + 7,52 \cdot 130 + 2,15 \cdot 151 = 1472,25$$

Визначаємо ентальпію продуктів згоряння  $1\text{м}^3$  газу в  $\text{кДж/м}^3$  при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha_{\text{T}}=1,77$ ;  $\alpha_{\text{кз}}=2,93$ ;  $\alpha'=3,23$  і температурі  $\theta_{\text{T}}$ , рівній  $1400, 1300, 1100^\circ\text{C}$ ;  $\theta_{\text{кз}}=1000, 900, 800^\circ\text{C}$ ;  $\theta' = 900$  і  $800^\circ\text{C}$ ;  $\theta''=200$  і  $100^\circ\text{C}$

$$I = I_r^0 + (\alpha - 1) \cdot I_n^0 \quad (2.18)$$

Підставляючи дані отримаємо:

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$I_{r=1400}^{\alpha=1,77} = 23869,72 + (1,77 - 1) \cdot 19761,78 = 39086,29$$

$$I_{r=1300}^{\alpha=1,77} = 21949,94 + (1,77 - 1) \cdot 18211,65 = 35972,91$$

$$I_{r=1000}^{\alpha=2,93} = 16405,3 + (2,93 - 1) \cdot 13665,87 = 42780,43$$

$$I_{r=900}^{\alpha=2,93} = 14585,63 + (2,93 - 1) \cdot 12191,82 = 38115,84$$

$$I_{r=800}^{\alpha=2,93} = 12806,43 + (2,93 - 1) \cdot 10755,81 = 33565,14$$

$$I_{r=900}^{\alpha=3,23} = 14585,63 + (3,23 - 1) \cdot 12191,82 = 41773,39$$

$$I_{r=800}^{\alpha=2,93} = 12806,43 + (3,23 - 1) \cdot 10755,81 = 36791,89$$

$$I_{r=200}^{\alpha=2,93} = 2986,95 + (3,23 - 1) \cdot 2529,66 = 8610,09$$

$$I_{r=100}^{\alpha=2,93} = 1472,25 + (3,23 - 1) \cdot 1255,321 = 4271,61$$

Результати розрахунків ентальпій повітря і продуктів згоряння палива зводимо в таблицю 2.2.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Табл. 2.2 Таблица розрахунків ентальпій і продуктів згорання палива

| $I_{\Gamma}^0$ , кДж/м <sup>3</sup> | $I_{\Pi}^0$ , кДж/м <sup>3</sup> | $I$ , кДж/м <sup>3</sup> |      | $\theta$ , °C     |                   |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------|-------------------|-------------------|
|                                     |                                  | при $\alpha=1,77$        |      | при $\alpha=2,93$ | при $\alpha=3,23$ |
| 23869,72                            | 19761,78                         | 39086,29                 | 1400 |                   |                   |
| 21949,94                            | 18211,65                         | 35972,91                 | 1300 |                   |                   |
| 18228,97                            | 15177,96                         |                          | 1100 |                   |                   |
| 16405,3                             | 13665,87                         |                          | 1000 | 42780,43          |                   |
| 14585,63                            | 12191,82                         |                          | 900  | 38115,84          | 41773,3           |
| 12806,43                            | 10755,81                         |                          | 800  | 33565,14          | 36791,8           |
| 2968,95                             | 2529,66                          |                          | 200  |                   | 8610,09           |
| 1472,25                             | 1255,32                          |                          | 100  |                   | 427               |

Визначаємо корисне тепловиділення в камері згорання в кДж/м<sup>3</sup>

$$Q_{\Gamma}^{\text{кор}} = I_{\Gamma} = Q_{\Gamma} + Q'_{\Pi} - (Q_3 + Q_5^T) \quad (2.19)$$

$$Q_{\Gamma}^{\text{кор}} = I_{\Gamma} = 35858,02 + 2229,98 + (358,25 + 462,31) = 37240,44$$

Визначаємо температуру в °C газів в камері згорання, інтерполяцією

$$39086,29 - 35972,91 = 3113,38 \quad 3113,38 - 100^{\circ}\text{C}$$

$$37240,44 - 35972,91 = 1267,53 \quad 1267,53 - x$$

$$1400 - 1300 = 100^{\circ}\text{C} \quad x = 40,7$$

$$\theta_{\Gamma} = 1300 * 40,7 = 1340,7^{\circ}\text{C}$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Визначаємо ентальпію топочних газів на виході з камери змішування, в кДж/м<sup>3</sup>

$$Q_{к.з.} = I_{к.з.} = I_T + Q_n'' \quad (2.20)$$

$$Q_{к.з.} = I_{к.з.} = 37240,44 + 437,45 = 37677,89$$

Визначаємо температуру топочних газів на виході з камери змішування, в °С

$$38115,84 - 33565,14 = 4550,7 \quad 4550,7 - 100^\circ\text{C}$$

$$37677,89 - 33565,14 = 4112,75 \quad 4112,75 - x$$

$$900 - 800 = 100^\circ\text{C} \quad x = 90,4^\circ\text{C}$$

$$\theta_{к.з.} = 800 + 90,4 = 890,4$$

Визначаємо теплоту повітря, що засмоктується в барабан, в кДж/м<sup>3</sup>:

$$Q'_{зас} = \Delta\alpha \cdot (c \cdot \theta)_n \quad (2.21)$$

$$Q'_{зас} = 0,3 \cdot 9,51 \cdot (1,332 \cdot 30) = 113,15$$

Визначаємо ентальпію газів на вході в барабан, в кДж/м<sup>3</sup>

$$I'_G = Q'_{г.б} = I_{к.з.} + Q'_{зас} \quad (2.22)$$

$$I'_G = 37677,89 + 113,15 = 3779104$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Визначаємо температуру газів в °С на вході в сушильний барабан

$$41773,39 - 36791,89 = 4981,5 \quad 4981,5 - 100^\circ\text{C}$$

$$37791,04 - 36791,89 = 999,15 \quad 999,15 - x$$

$$900 - 800 = 100^\circ\text{C} \quad x = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta = 800 + 20 = 820^\circ\text{C}$$

Ентальпія вихідних газів, в кДж/м<sup>3</sup>, при  $\theta_{\text{Вих}} = 130^\circ\text{C}$  і  $\alpha = 3,23$

$$8610,09 - 4271,61 = 4338,48 \quad 200 - 100 = 100^\circ\text{C}$$

$$4338,48 - 100^\circ\text{C} \quad x - 30^\circ\text{C}$$

$$x = 1301,54$$

$$I_{\text{Вих}} = Q_2 = 4271,61 + 1301,54 = 5573,15$$

Визначаємо втрату теплоти від зовнішнього охолодження барабана, в кДж/м<sup>3</sup>

$$Q_5^6 = q_5^6 \cdot \left( \frac{Q_{\text{к.з}} + Q_n' + Q_n''}{100} \right) \quad (2.23)$$

де,  $q_5^6$  - втрати теплоти від зовнішнього охолодження барабану,  $q_5^6 = 1,5\%$ .

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$Q_5^6 = 1,5 \cdot \frac{(37677,89 + 2229,98 + 437,45)}{100} = 605,18$$

Визначаємо корисну використану теплоту сушильного агента, віднесену до 1м<sup>3</sup> пального, в кДж/м<sup>3</sup>:

$$Q_{\text{повн}} = Q_1 = I_{\text{к.з}} - Q_5^6 - I_{\text{вих}} \quad (2.24)$$

$$Q_{\text{повн}} = 37677,89 - 605,18 - 5573,15 = 31499,56$$

Визначаємо теплоту в кДж/кг переданому сушеному жому і віднесену до 1кг випареної вологи

$$q_{\text{с.ж}} = C_{\text{с.ж}} \cdot \frac{(t_{\text{с.ж}} - t_{\text{в.ж}}) \cdot CB_1}{CB_2 - CB_1} \quad (2.25)$$

де  $C_{\text{с.ж}}$  - теплоємність сушеного жому, кДж/(кг·°К)

$t_{\text{в.ж}}$  - температура віджатого жому,  $t_{\text{в.ж}} = 30^\circ\text{C}$ .  $C_{\text{с.ж}} = 1,85$  кДж/(кг·°К).

$$q_{\text{с.ж}} = 1,85 \cdot \frac{(100 - 30) \cdot 18}{88 - 18} = 33,3$$

Визначаємо ентальпію водяної пари, в  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ , при  $\theta_{\text{вих}} = 130^\circ\text{C}$

$$i_{\text{пар}} = 2500 + 1,875 \cdot \theta_{\text{вих}} \quad (2.26)$$

де,  $\theta_{\text{вих}}$  - температура газів на виході з барабану.

$$i_{\text{пар}} = 2500 + 1,875 \cdot 130 = 2743,75$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Визначаємо теплоту, що корисно використовується відносно 1 кг випареної вологи, в  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,

$$q_{\text{пов}} = i_{\text{пар}} - C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot t_{\text{в.ж}} + q_{\text{с.ж}} \quad (2.27)$$

$C_{\text{H}_2\text{O}}$  - теплоємність води,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{K})$ ;  $C_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{K})$ ;

$$q_{\text{пов}} = 2743,75 - 4,19 \cdot 30 + 33,3 = 2651,35$$

Визначаємо випарну спроможність пального, в  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,

$$U = \frac{Q_{\text{пов}}}{q_{\text{пов}}} \quad (2.28)$$

$$U = \frac{31499,56}{2651,35} = 11,88$$

Знаходимо витрати пального, в  $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ ,

$$B = \frac{G_{\text{H}_2\text{j}}}{U} \quad (2.29)$$

$$B = \frac{16203,7}{11,8} = 1363,95$$

Визначаємо масу видаленої вологи, в  $\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$ , при отриманні 1 кг сушеного жому

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{CP_2}{CP_1} - 1 \quad (2.30)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{88}{18} - 1 = 3,89$$

Визначаємо теплоту, в  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$ :

- що відходить з установки з сушеним жомом

$$Q_{\text{с.ж.}} = \frac{U \cdot C_{\text{с.ж.}} \cdot t_{\text{с.ж.}}}{g_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (2.31)$$

$$Q_{\text{с.ж.}} = \frac{11,88 \cdot 1,85 \cdot 100}{3,89} = 564,99$$

що потрапляє в установку з віджати́м жомом

$$Q_{\text{в.ж.}} = U \cdot \left( C_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{C_{\text{в.ж.}}}{g_{\text{H}_2\text{O}}} \right) \cdot t_{\text{в.ж.}} \quad (2.32)$$

$$Q_{\text{в.ж.}} = 1,88 \cdot \left( 4,19 + \frac{1,85}{3,89} \right) \cdot 30 = 1662,81$$

- корисно використану теплоту:

$$Q_1 = Q_{\text{повн.}} + Q_{\text{в.ж.}} - Q_{\text{с.ж.}} \quad (2.33)$$

$$Q_1 = 31499,56 + 1662,81 - 564,99 = 32597,38$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.3.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |



Табл. 2.3 Результати розрахунків теплового балансу

| Прихід теплоти  | $Q_i$<br>кДж/м <sup>3</sup> | Втрати теплоти  | $Q_i$<br>кДж/м <sup>3</sup> |
|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
| З паливом $Q_T(q_T)$  | 35858,02                    | Корисно використана<br>теплота $Q_1(q_1)$                         | 32597,38                    |
| З пов. в топкову камеру<br>$Q'_n(q'_n)$                           | 2229,98                     | З відхідними газами<br>$Q_2(q_2)$                                 | 5573,15                     |
| З повітрям в камеру<br>змішування $Q''_n(q''_n)$                  | 437,45                      | З сушеним жомом   | 564,99                      |
| З віджати́м жомом<br>$Q_{в.ж.}(q_{в.ж.})$                         | 1662,81                     | Втрати теплоти від хім.<br>неповн. згорання<br>$Q_3(q_3)$         | 385,25                      |
| З засмокт. повітря в<br>сушильний барабан<br>$Q'_{зас}(q'_{зас})$ | 113,15                      | Втрати теплоти в<br>н.с. топковим<br>пристроєм $Q^{T_5}(q^{T_5})$ | 462,31                      |
|   |                             | Втрати теплоти в  | 605,18                      |
| Разом   | 40301,41                    |   | 40188,26                    |

Визначаємо ККД жомосушильної установки, у

$$\eta = q_1 = \frac{100 \cdot Q_1}{\Sigma Q_{inp}} \quad (2.34)$$

$$\eta = q_1 = \frac{100 \cdot 32597,38}{40301,41} = 80,88$$

Визначаємо необхідну об'ємну витрату повітря за 1 год, в м<sup>3</sup>

- в камеру згорання:

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$V_T^{\Pi} = B \cdot V_n' \quad (2.35)$$

$$V_T^{\Pi} = 1363,95 \cdot 16,83 = 22955,28$$

- в камеру змішування:

$$V_{к.з.}^{\Pi} = B \cdot V_n' \quad (2.36)$$

$$V_{к.з.}^{\Pi} = 1363,95 \cdot 11,03 = 15044,37$$

- сумарна витрата:

$$V_c = V_T^{\Pi} + V_{к.з.}^{\Pi} \quad (2.37)$$

$$V_c = 22955,28 + 15044,37 = 37999,65$$

Визначаємо об'єм продуктів згоряння  $1\text{ м}^3$  пального при  $\alpha''=3,53$ , по [14 ст.208]

$$V_{д.г.} = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha'' - 1) \cdot V^0 \quad (2.38)$$

$$V_{д.г.} = 1 + 7,52 + 2,15 + (3,53 - 1) \cdot 9,51 = 34,73$$

Визначаємо витрату відпрацьованого сушильного агента, в  $\text{м}^3/\text{год}$

$$V_{в.а.} = B \cdot \left( V_{д.г.} + \frac{U}{\rho_{H_2O}} \right) \quad (2.39)$$

де,  $\rho_{H_2O}$  - густина водяних парів,  $\text{кг}/\text{м}^3$ . За нормальних умов  $\rho_{H_2O}=0,804$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$V_{\text{в.а.}} = 1363,95 \cdot \left( 34,73 + \frac{11,88}{0,804} \right) = 67523,87$$

## 2.2 Технологічні розрахунки [3]

Визначимо середню насипну вагу жому згідно в кг/м<sup>3</sup>

$$\rho_{\text{с.р.}} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\ln \frac{\rho_1}{\rho_2}} \quad (2.40)$$

де  $\rho_1$  і  $\rho_2$  — насипна вага відповідно вологого і сухого жому, кг/м<sup>3</sup>;  
приймаємо:  $\rho_1 = 350$  і  $\rho_2 = 230$ .

Тоді

$$\rho_{\text{с.р.}} = \frac{350 - 230}{\ln \frac{350}{230}} = 285,81$$

Визначимо тривалість процесу сушіння, в год

$$\tau = 2 \cdot \frac{\beta \cdot \rho_{\text{ср}}}{A} \cdot \frac{W_1 - W_2}{200 - (W_1 + W_2)} \quad (2.41)$$

$$\tau = 2 \cdot \frac{0,216 \cdot 285,81}{163,68} \cdot \frac{82 - 12}{200 - (82 + 12)} = 0,5$$

Де:

$\beta$  - коефіцієнт заповнення барабану

$W_1$  - вологість у віджатому жомі;

$W_2$  - вологість у сушеному жомі

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

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

Загальний об'єм жомосушильного барабана, м<sup>3</sup>;

$$V = \frac{24 \cdot G_{с.ж.} \cdot A \cdot C_{P_{в.ж.}} \cdot (100 - P_c)}{1000 \cdot q \cdot C_{P_{с.р.}}} \quad (2.42)$$

де  $G_{с.ж.}$  – технічна продуктивність жомосушильного апарату по сушеному жому, т/добу;

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

$C_{В.ж.}$  – вміст сухих речовин у віджатому жому.  $C_{В.ж.}=18\%$ .

$C_{С.ж.}$  – вміст сухих речовин в сухому жомі.  $C_{С.ж.}=88\%$ .

$q$  – кількість води, що випаровується при сушінні жому в % до маси віджатого жому.

$P_c$  – втрати сухих речовин під час сушки, %до маси сухих речовин віджатого жому.  $P_c = 3\%$ .

$k$  – коефіцієнт підвищення продуктивності.

$$V = \frac{24 \cdot 160 \cdot 165,0 \cdot 18(100 - 3)}{1000 \cdot 80 \cdot 88} \cdot 1,1 = 160 \text{ м}^3$$

$V$  – загальний об'єм жомосушильного барабана, м<sup>3</sup>;

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## 2.3 Конструктивні розрахунки [3]

Визначаємо діаметр барабана:

$$D_{\text{бар}} = (4V_{\text{бар}}/\pi i)^{0,33} \quad (2.43)$$

Де:  $i = L/D = 3,5 \div 9$  – відношення довжини барабана до діаметра  
Приймаємо  $i = 6$ , тоді

$$D_{\text{бар}} = (4 \cdot 160 / \pi 6)^{0,33} = 3.24 \text{ м.}$$

По таблиці вибираємо сушильний барабан з такими параметрами:

Довжина барабана  $L_6=18$  м; Внутрішній діаметр барабана  $D_6=3.4$  м;

Товщина стінки барабана  $S=0.014$  м;

Вага барабана  $G_{\text{бар}}=65000$  кг; Об'єм барабана  $V_6=160$  м<sup>3</sup>.

Число лопатей  $i=12$  шт.

По завданню приймаємо час перебування матеріалу у барабані  $t_{\text{суш}}=0.5$ .

Визначаємо продуктивність сушарки по вологому жому, в кг/год,

$$G_{\text{в.ж.}} = G_{\text{с.ж.}} \cdot \frac{1000 \cdot (100 - W_2)}{24 \cdot (100 - W_1)} \quad (2.44)$$

$$G_{\text{в.ж.}} = 160 \frac{1000 \cdot (100 - 12)}{24 \cdot (100 - 82)} = 40740,7$$

Визначаємо масу віджатого жому, в кг, що проходить через сушарку за час сушіння:

$$M_{\text{в.ж.}} = G_{\text{в.ж.}} \cdot \tau \quad (2.45)$$

$$M_{\text{в.ж.}} = 40740,7 \cdot 0,5 = 20370,4$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

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

Тоді жом займе об'єм, в  $\text{м}^3$

$$V_{вж} = \frac{M_{вж}}{\rho} \quad (2.46)$$

$$V_{вж} = \frac{29370,4}{350} = 58,2$$

Приймаємо, що середня вологість жому у барабані становить  $W=50\%$ , тоді об'ємна усадка жому в процесі сушіння становитиме  $\delta=65\%$ .

Визначаємо об'єм, в  $\text{м}^3$ , та середню площу поперечного перерізу жому в барабані, в  $\text{м}^2$ .

$$V = V_{вж} \cdot (1 - \delta) \quad (2.47)$$

$$V = 58,2 \cdot (1 - 0,65) = 26,27$$

$$S = \frac{V}{L} \quad (2.48)$$

$$S = \frac{26,27}{20} = 1,02$$

Визначаємо площу поперечного перерізу  $S'$  в  $\text{м}^2$ , барабана без продукту:

$$S' = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.49)$$

$$S' = \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 10,7$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Визначаємо площу вільного перерізу барабана, з продуктом, в м<sup>2</sup>:

$$F = S' - S \quad (2.50)$$

$$F = 9,07 - 1,45 = 7,62$$

Відповідно до рис 2.1. складаємо рівняння площі сегмента, тобто площі поперечного перерізу жому в барабані в стані спокою

$$S = \frac{\pi R^2 \cdot 2 \cdot \alpha}{360} - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot R \cdot \sin \alpha \quad (2.51)$$

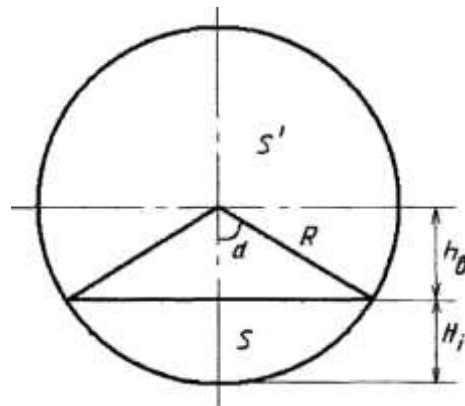


Рис. 2.1 Переріз барабана

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Звідси:

$$S = R^2 \left( \frac{\pi}{180} \cdot \alpha - \cos \alpha \cdot \sin \alpha \right) \quad (2.52)$$

Підставляючи значення  $S$  чисельним методом знаходимо значення кута  $\alpha$

$$R = \frac{3,6}{2} = 1,8$$

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

$$\alpha = 55^\circ$$

$$h_B = R \cdot \cos \alpha$$

$$h_B = 1,85 \cdot \cos 55 = 0,83$$

$$H = R \cdot (1 - \cos \alpha)$$

$$H = 1,85 \cdot (1 - \cos 55) = 0,87$$

Число обертів барабана визначаємо за формулою:

$$n_{\sigma} = \frac{m \cdot K \cdot L'}{t_{\text{сум}} \cdot D_{\text{бар}} \cdot \text{tg} \alpha} = \frac{0,75 \cdot 0,7 \cdot 16,6}{30 \cdot 3,4 \cdot 0,026} \approx 2,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}}, \quad (2.53)$$

де  $L' = L - 1,4 = 16,6$  м – довжина системи внутрішнього пристрою;

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 41   |



$m=0.75$  і  $K=0.7$  – коефіцієнти, що залежать від системи внутрішніх пристроїв барабана.

$\alpha=1.5$ - кут нахилу барабана до горизонту,  $\text{tg}\alpha=0.026$ .

## 2.4 Гідрравлічний опір апарата

Гідрравлічний опір апарата складається з втрат тиску на подолання тертя по довжині і місцевих опорів воздуховодів:

$$\Delta p_a = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{н}} = 0,5(\omega^2 \rho) (\lambda l/d_e + \epsilon_{\phi}) \quad (2.54)$$

де :  $d_e = 3,4$  м - внутрішній діаметр сушильного барабана

$l = 18$  м - довжина барабана;

$\phi_{\text{вх}}=0,5$ - коефіцієнт місцевого опору на вході в сушку.

$\phi_{\text{р}}=0,5$ - коефіцієнт миттєвого розширення.

$\phi_{\text{вих}}=0,5$ -кофіцієнт місцевого опору на виході з сушильного барабана.

$\phi_{\text{с}}=0,75$ -кофіцієнт раптового сушіння.

$\lambda$  - коефіцієнт тертя по довжині;

Для визначення величини  $\lambda$  визначаємо критерії Рейнольдса:

$$\text{Re} = (\omega d_e \rho) / \mu; \quad (2.55)$$

$$\text{Re} = (3,77 \cdot 3,4 \cdot 0,87) / 2,2 \cdot 10^{-5} = 5,07 \cdot 10^5;$$

Коефіцієнт тертя розраховуємо по формулі Блазіуса:

$$\lambda = 0,3164 / \text{Re}^{0,25} = 0,3164 / \sqrt[4]{(5,07 \cdot 10^5)} = 0,012 \quad (2.56)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Таким чином:

$$\Delta p_a = 0,5 \cdot (3,77^2 \cdot 0,87) (0,012 \cdot 18 / 3,4 + 2,25) = 14,3 \text{ Па}$$

## 2.5 Підбір допоміжного обладнання[5]

Приймаємо до встановлення норію для транспортування сухого жому типу НМ-175 продуктивністю 175т/добу, ширина стрічки 150мм, кількість ковшів - 350, швидкість руху стрічки 2,0м/с. Потужність двигуна - 11кВт.

Приймаємо до встановлення норію транспортування жому в грануляційне відділення таку ж як і попередню.

Розраховуємо необхідний об'єм повітря, який потрібно подати у топку для повного згорання газу, в м<sup>3</sup>

$$V_n = V_n \cdot V^0 \quad (2.57)$$

де,  $V_n$  - витрата газу; м<sup>3</sup>/год;  $V_n = 2125$ ;

$V^0$  - теоретичний об'єм повітря, необхідний для повного згорання 1м<sup>3</sup> газу;  $V^0 = 9,51 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ .

$$V_n = 2125 \times 9,51 = 21208$$

Приймаємо до встановлення вентилятор подачі повітря в топку, типу В.Ц5-50-9,01 продуктивністю 16-45 тис. м<sup>3</sup>/год. Робочий тиск 3170-22600 Па, ККД - 0,81.

Двигун - АИМ180М4, потужністю 30 кВт, частотою обертання - 1450 об/хв.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Така ж кількість повітря подається в камеру змішування, тому встановлюємо такий самий вентилятор.

Визначасмо об'єм відхідних газів, в м<sup>3</sup>/год,

$$V_B = V_T + V_{H_2O} \quad (2.58)$$

де  $V_T$  – об'єм топкових газів, м<sup>3</sup>;

$$V_T = 2 \cdot 20208 = 40416$$

$V_{H_2O}$  – об'єм випареної вологи, м<sup>3</sup>.

$$V_{H_2O} = \frac{G_{H_2O}}{\rho_{\text{пари}}} \quad (2.59)$$

де  $G_{H_2O}$  – кількість випареної вологи; кг;  $G_{H_2O} = 26736$  густина парів; кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{пари}} = 2,08$

$$V_{H_2O} = \frac{26736}{2,08} = 13010$$

Тоді

$$V_B = 40416 + 13010 = 53426$$

Приймаємо до встановлення вентилятор після циклонів, В.Ц-4-60-112,5-01УЗ продуктивністю 40-60 тис м<sup>3</sup> /год, робочим тиском 0-5000 Па, ККД - 07. двигун -4А180М4 потужністю 30кВт, частотою обертання - 14-40 об/хв.

Приймаємо до встановлення циклони очищення відпрацьованих газів. Циклони типу ЦОЛ-30, продуктивністю 30 тис м<sup>3</sup>/год і встановлюємо їх два.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

### 3. Розрахунок апарата на міцність та герметичність

#### 3.1 Визначення товщини стінки апарата

Розрахунок барабана на міцність слід вести як для балки на двох опорах з рівномірним розподіленням навантаження по довжині та з урахуванням крутного моменту. Опори встановлюються на деякій відстані від кінців балки.

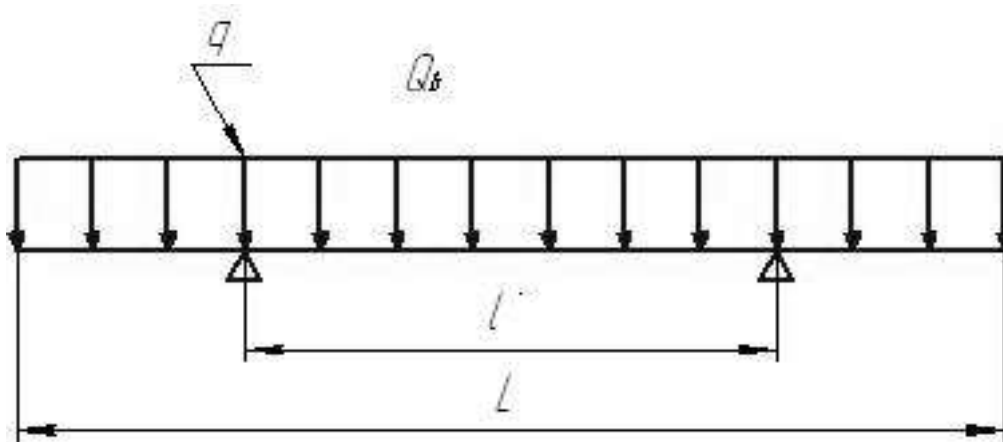


Рис3.1 Розрахункова схема для визначення товщини барабана.

Відстань між опорами рекомендується приймати:

$$l_{on} = 0.586 \cdot L_{\sigma} = 0.586 \cdot 18 = 10 \text{ м}$$

для подальшого розрахунку приймаємо наступні величини ваги окремих елементів барабана:

вага зубчастого вінця  $G_{\text{він}}=4000$  кг;

вага бандажа  $G_{\text{бан}}=2500$  кг;

вага барабана  $G_{\text{бар}}=65000$  кг;

число бандажів на барабані  $k=2$ .

Розрахуємо вагу матеріала у барабані

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$G_{MAT} = \frac{G_1 \cdot t_{суш}}{60} = \frac{18000 \cdot 30}{60} = 9000 \text{ кг} \quad (3.1)$$

Розрахуємо рівномірне навантаження на одиницю довжини барабана

$$q = \frac{G_{MAT} + G_{\delta}}{L_{\delta}} = \frac{18000 + 65000}{18} = 4611,11 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \quad (3.2)$$

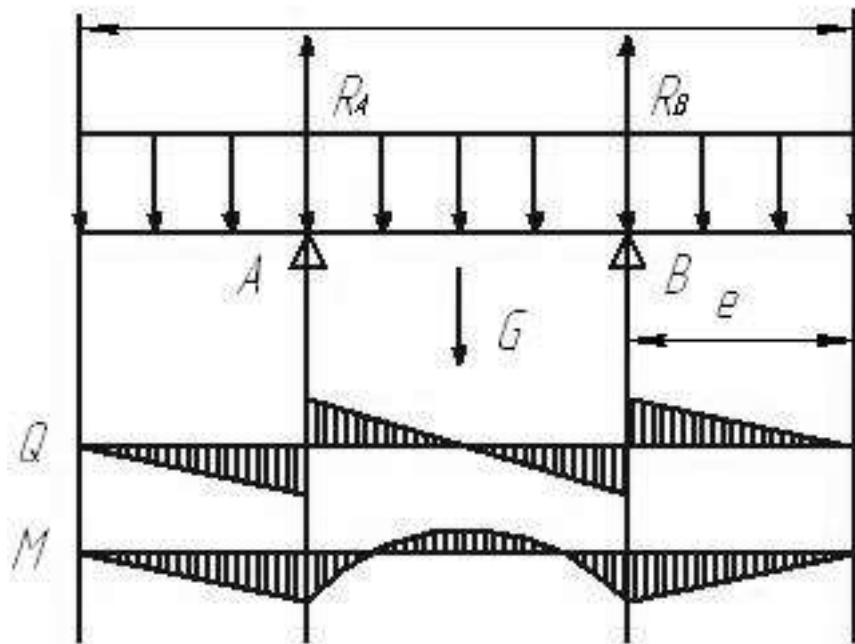


Рис3.2 Розрахункова схема для визначення згинаючих моментів.

Розрахуємо рівномірне навантаження ділянки між балками

$$Q_1 = q \cdot l_{on} = 4611,11 \cdot 10,0 = 46111,1 \text{ кг} \quad (3.3)$$

Визначаємо розрахунковий момент попередньо визначаючи його складові:

- 1) згинаючий момент від рівномірного навантаження

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$$M_1 = \frac{Q_1 \cdot l_{on}}{8} = \frac{46111,1 \cdot 10,0}{8} = 57638,9 \text{ кЗ} \cdot \text{м} \quad (3.4)$$

2) згинаючий момент від зосередженого навантаження

$$M_1 = \frac{G_{він} \cdot l_{on}}{4} = \frac{4000 \cdot 10,0}{4} = 10000 \text{ кЗ} \cdot \text{м}$$

3) сумарний згинаючий момент

$$M_{зг} = M_1 + M_2 = 57638,9 + 10000 = 67638,9 \text{ кЗ} \cdot \text{м} \quad (3.5)$$

4) крутний момент

$$M_{кр} = \frac{R_{\delta} \cdot (G_{бар} + 25 \cdot G_{МАТ})}{30} = \frac{1,6 \cdot (65000 + 9000)}{30} = 13530 \text{ кЗ} \cdot \text{м} \quad (3.6)$$

5) розрахунковий момент

$$\begin{aligned} M_{роз} &= 0,35 \cdot M_{зг} + 0,65 \cdot \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2} = \\ &= 0,35 \cdot 67638,9 + 0,65 \cdot \sqrt{67638,9^2 + 13530^2} = 68978,8 \text{ кЗ} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Допустиме напруження на згин приймаємо  $[\sigma_{зг}] = 60 \text{ МПа}$ , тоді

визначаємо мінімальний момент опору:

$$W_{\min} = \frac{M_{роз}}{[\sigma_{зг}]} = \frac{68978,8 \cdot 10}{60 \cdot 10^6} = 0,115 \text{ м}^3 \quad (3.8)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Тоді мінімальна товщина стінки повинна бути:

$$S_{\min} = \frac{4 \cdot W_{\min}}{\pi \cdot D_{\phi}^2} = \frac{4 \cdot 0.115}{3.14 \cdot 3,4^2} = 0.0127 \text{ м} \quad (3.9)$$

Тобто при  $S=0.014$  м міцність стінки буде забезпечена.

Для оптимальної роботи установки перевіряємо величину прогина, допустиме значення якого

$$[f] \leq \frac{1}{3000} \text{ м} = 0.00033 \text{ м} \quad (3.10)$$

Визначаємо зовнішній діаметр барабана

$$D_{\text{зов}} = D_{\phi} + 2 \cdot S = 3,4 + 2 \cdot 0.014 = 3.428 \text{ м}$$

Визначаємо осьовий момент інерції

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (D_{\text{зов}}^4 - D_{\phi}^4) = \frac{3.14}{64} \cdot (3,428^4 - 3,4^4) = 0.219 \text{ м}^4 \quad (3.11)$$

Тоді стріла прогину буде дорівнювати

$$f_0 = \frac{1000 \cdot l_{\text{он}}^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{1000 \cdot 10^2}{48 \cdot 1.88 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 0.219} = 0.0000116 \text{ м} < [f] = 0.00033 \text{ м} \quad (3.12)$$

де  $E=1.88 \cdot 10^5$  Мпа – модуль пружності для листової сталі.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

### 3.2 Розрахунок бандажа та опорних роликів.

Бандажі слугують для передачі тиску від ваги всіх обертових частин апарта на опорні ролики. Бандажі представляють собою кільця прямокутного та коробчастого перерізу, іноді вигинаються із рельса.

Визначимо навантаження на один бандаж з урахуванням власної ваги бандажа:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{G_{\text{він}} + G_{\text{бан}} + G_{\text{бар}} + G_{\text{мат}}}{2} = \\ &= \frac{4000 + 2500 + 65000 + 9000}{2} = 40250 \text{ кг} \end{aligned} \quad (3.13)$$

В нашому випадку бандажі кріпляться до барабана в 16 точках на відстані  $22.5^\circ$ . Приймаючи, що навантаження розподіляється рівномірно між точками кріплення, маємо бандаж навантажений в 16 точках вертикальними силами:

$$P = \frac{Q}{16} = \frac{40250}{16} = 2516 \text{ кг}$$

Загальний момент бандажа розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} M_{\text{заг}} &= \frac{P \cdot R_{\text{бан}}}{\pi} \cdot \left( m \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{\cos \beta} + (\pi - \beta) \cdot \text{tg} \beta - \frac{\pi}{2} \cdot \text{ctg} \frac{\delta}{2} \right) \right) = \\ &= \frac{2516 \cdot 2,120}{3.14} \cdot \left( 8 \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{\cos 150^\circ} + (\pi - 2.61) \cdot \text{tg} 150^\circ - \frac{3.14}{2} \cdot \text{ctg} \frac{60^\circ}{2} \right) \right) = \\ &= -14150 \text{ кг} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (3.14)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |



де  $m=3$  – число пар навантаження;  $R_6=1.614$  – радіус бандажа (приймаємо);  $\beta=150^\circ$ ;  $\delta=60^\circ$  - крок між кріпленнями бандажа.

Визначасмо повздовжню силу на бандажах

$$N_{повз} = \frac{m \cdot P}{\pi} \cdot \left( \frac{1}{2} + (\pi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta \right) =$$

$$= \frac{8 \cdot 2516}{3.14} \left( \frac{1}{2} + (3.14 - 2.61) \cdot (-0.57) \right) = 1262 \text{ кг} \quad (3.15)$$

Встановлено, що значення максимального моменту буде при  $\varphi=150^\circ$ , то максимальний момент буде дорівнювати:

$$M_{\max} = M_{заг} - M_{заг} \cdot (1 - \cos \nu) - P \cdot R_{бан} \cdot (\sin \nu - \sin 30^\circ) -$$

$$- P \cdot R_{бан} \cdot (\sin \nu - \sin 90^\circ) = -14150 - 14150 \cdot (1 - (-0.866)) -$$

$$- 2516 \cdot 1.614 \cdot (0,5 - 0,5) - 2516 \cdot 1.614 \cdot (0,5 - 1) = 4822 \text{ кг} \cdot \text{м} \quad (3.16)$$

Для бандажа приймаємо сталіне литво двутаврового перерізу зі співвідношенням ширини верхньої полки та висоти  $\frac{a}{h} = 1$ , для такого перерізу і співвідношення розмірів момент опору розраховується:

$$W = 0.15 \cdot h^3 = 0.15 \cdot 0.2^3 = 0.0012 \text{ м}^3, \quad (3.17)$$

де  $h=a=0.2$  м – висота бандажа (приймаємо).

Фактичне напруження в бандажі складає:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{4822}{0.0012} = 40.2 \text{ МПа} \quad (3.18)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Розраховуємо опорні ролики, які розставляються під подвійним кутом до осі барабана  $2\varphi=60^\circ$ . Тоді реакція на ролики буде:

$$T = \frac{Q}{2 \cdot \cos 30^\circ} = \frac{40250}{2 \cdot 0.866} = 23210 \text{ кг} \quad (3.19)$$

Питоме навантаження на ролики:

$$P_{\text{рол}} = \frac{T}{h} = \frac{23210}{0.2} = 116050 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \quad (3.20)$$

Визначаємо мінімальний діаметр ролика:

$$d_{\text{рол}} = 0.33 \cdot D_{\text{бан}} = 0.33 \cdot 3.228 = 0.807 \text{ м} \quad (3.21)$$

### 3.3 Розрахунок зубчатої передачі

Споживча потужність на обертання барабана.

Як показав багаторічний дослід експлуатації барабанних сушарок потужність, що необхідна для приведення в рух барабана, встановленого на роликах, визначається за формулою:

$$\begin{aligned} N &= 0.0013 \cdot D_{\text{б}}^3 \cdot L_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{ср.н}} \cdot n_{\text{б}} \cdot \sigma = \\ &= 0.0013 \cdot 3,6^3 \cdot 12 \cdot 410 \cdot 2.5 \cdot 0.026 = 9.126 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (3.22)$$

де  $\sigma=0.026$  – коефіцієнт потужності.

Потужність двигуна з урахуванням ККД приводу буде дорівнювати

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 51   |

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta_{\text{прив}}} = \frac{9.126}{0.8} = 11.4 \text{ кВт} \quad (3.23)$$

По каталогу вибираємо двигун АИР180М8 з потужністю  $N_{\text{дв}}=15$  кВт, та частотою обертання ротора  $n_{\text{дв}}=730$  об/хв

Для розрахункової жомосушильної установки приймаємо циліндричну зубчасту передачу.

Встановлюємо:

- відношення довжини зуба до кроку  $\frac{b}{t} = 2$
- число зубців веденої шестерні  $z_2=115$
- $K_{зг}=73.5$  МПа

Крок зубців визначаємо за формулою:

$$t = 4.73 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{\text{кр}}}{K_{зг} \cdot z_2 \cdot \frac{b}{t}}} = 4.73 \cdot \sqrt[3]{\frac{13530 \cdot 10^3 \cdot 10}{73.5 \cdot 115 \cdot 2}} = 94.622 \text{ мм} \quad (3.24)$$

Модуль колеса буде дорівнювати:

$$m = \frac{t}{\pi} = \frac{94.622}{3.14} = 30.119 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Діаметр початкового кола:

$$D_{\text{н.к.}} = m \cdot z_2 = 30.119 \cdot 115 = 3467 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Довжина зуба:

$$b = 2 \cdot t = 2 \cdot 94.622 = 190 \text{ мм приймаємо } 200 \text{ мм} \quad (3.27)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Діаметр кола виступів:

$$D_{к.в.} = m \cdot (z_2 + 2) = 30.119 \cdot (115 + 2) = 3524 \text{ мм} \quad (3.28)$$

Повна висота зуба:

$$h_{зуб} = 2.2 \cdot m = 2.2 \cdot 30.119 = 66.262 \text{ мм} \quad (3.29)$$

Висота головки зуба:

$$h_{гол} = m = 30.119 \text{ мм}$$

Висота ніжки зуба:

$$h_{ниж} = 1.2 \cdot m = 1.2 \cdot 30.119 = 36.143 \text{ мм}$$

Діаметр кола впадин:

$$D_{к.вп.} = D_{к.в.} - 2 \cdot h_{зуб} = 3524 - 2 \cdot 66.262 = 3391 \text{ мм} \quad (3.30)$$

Товщина зуба:

$$S_3 = 0.48 \cdot t = 0.48 \cdot 94.622 = 45.42 \text{ мм}$$

Колова сила:

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 53   |

$$Ft = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D_{н.к.}} = \frac{2 \cdot 13530}{3.467} = 7814 \text{ кг} \quad (3.31)$$

Кутова швидкість:

$$V_{\kappa} = \frac{\pi \cdot D_{н.к.} \cdot n}{60} = \frac{3.14 \cdot 3.467 \cdot 2.5}{60} = 0.141 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3.32)$$

Вінець повинен бути зроблений роздільним, так як максимальна величина діаметра для цільних зубчастих колес являється 1800 мм.

Визначимо мінімальну товщину обода колеса:

$$\delta_{об} = \frac{t}{2} = \frac{94.622}{2} = 47.3 \text{ мм} \approx 50 \text{ мм}, \text{ приймаємо } \delta_{об} = 170 \text{ мм}$$

Розрахунок шестерні ведемо аналогічно, приймаючи число зубців  $z_1 = 20$ . Тоді:

Крок зубців  $t = 94.622 \text{ мм}$

Модуль шестерні:  $m = 30.119 \text{ мм}$

Крутний момент на шестерні:

$$M_{кр}^{ш} = \frac{M_{кр}}{u \cdot \eta_{пер}} = \frac{13530}{5.75 \cdot 0.97} = 2426 \text{ кг} \cdot \text{м}, \quad (3.33)$$

де  $u_{з.п.} = z_2/z_1 = 115/20 = 5.75$  – передаточне чило передачі;

$\eta_{пер} = 0.97$  – ККД зубчастої передачі.

Діаметр початкового кола:

$$D_{н.к.} = m \cdot z_1 = 30.119 \cdot 20 = 602.381 \text{ мм} \quad (3.34)$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Довжина зуба:

$$b = 2 \cdot t = 190 \approx 210 \text{ мм}$$

Діаметр кола виступів:

$$D_{к.в.} = m \cdot (z_1 + 2) = 30.119 \cdot (20 + 2) = 662.619 \text{ мм} \quad (3.35)$$

Повна висота зуба:

$$h_{зуб} = 2.2 \cdot m = 2.2 \cdot 30.119 = 66.262 \text{ мм}$$

Висота головки зуба:

$$h_{гол} = m = 30.119 \text{ мм}$$

Висота ніжки зуба:

$$h_{ніж} = 1.2 \cdot m = 1.2 \cdot 30.119 = 36.143 \text{ мм}$$

Діаметр кола впадин:

$$D_{к.вп.} = D_{к.в.} - 2 \cdot h_{зуб} = 662.619 - 2 \cdot 66.262 = 530.095 \text{ мм} \quad (3.36)$$

Товщина зуба:

$$S_3 = 0.48 \cdot t = 0.48 \cdot 94.622 = 45.42 \text{ мм}$$

Колова сила:

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 55   |

$$Ft = \frac{2 \cdot M_{кр}^{ш}}{D_{н.к.}} = \frac{2 \cdot 2426}{3.049} = 8056 \text{ кг} \quad (3.37)$$

Передаточне число приводу буде дорівнювати:

$$u_{пр} = \frac{n_{дв}}{n_{бар}} = \frac{730}{2.5} = 292 \quad (3.38)$$

Оскільки передаточне число зубчастої передачі  $u_{з.п.}=5.75$ , то передаточне число редуктора буде дорівнювати:

$$u_{ред} = \frac{u_{прив}}{u_{з.п.}} = \frac{292}{5.75} = 50.78 \quad (3.39)$$

По каталогу вибираємо трьохступінчастий редуктор з зачепленням Новікова 1ЦЗН-450 з передаточним числом  $u_{ред}=50$ , та номінальним крутним моментом на вихідному валу  $M_H=40000$  Нм, що повністю задовольняє нашим умовам.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## 4 Монтаж та ремонт апарата

### 4.1 Монтаж розробленого апарата [11]

Монтаж жомо сушильного барабана проводиться за допомогою підйомно-транспортних устаткувань. На заводі-виробнику проводиться контрольне збирання барабана з вибіркою бандажів, вінця і обкатка на холостому ходу на протязі 2-х годин.

Відвантаження барабана проводиться блоками зі знятими бандажами і вінцем. Кінцеве збирання і зварювання корпусу барабана здійснюється при монтажі силами монтажною організацією.

У зв'язку з неможливістю забезпечення ідентичності збирання на заводі-виробнику монтажі, а також високим вимогам до биття барабана, необхідно при збиранні бандажів і вінця на корпусі використовувати регулюючі прокладки.

Встановити опорні станції, забезпечивши співпадання середини їх рам з віссю барабана.

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

Провести попереднє регулювання опорної і опорно-упорної станцій:

- а) встановити опорні ролики на однаковій відстані від середини рами, витримавши розмір  $\pm 1,5$  мм;
- б) перевірити відстань між серединами опорних роликів, які повинні співпадати з відстанню між серединами бандажів на корпусі  $\pm 4$  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;

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |



г) торцеві поверхні двох опорних роликів кожної станції повинні знаходитися в одній площині, допустиме бокове зміщення торцевих площин до 5мм, при умові дотримання паралельності.

При встановленні рам опорної і опорно-упорної станції допускається негоризонтальність відносно поперечної вісі корпусу барабана на більша 0,2мм на 1000мм довжини рами.

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

Для врахування 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.

Після вибірки опорної і опорно-упорної станції колодязі 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 колодязі болтів заливають розчином остаточно.

#### Монтаж корпусу барабана.

Для проведення монтажу корпусу барабана на місці монтажу необхідно виготовити спеціальну монтажну раму із трьох частин, з'єднаних між собою.

На монтажну раму встановлюють три частини корпусу барабана, стикуються між собою, при цьому перевіряють горизонтальність корпусу відносно поперечної осі барабана. Горизонтальність перевіряють таким чином:

- а) до торців барабана приварюють хрестовини;
- б) на хрестовинах за допомогою вантажів натягують струну;
- в) вимірюють горизонтальність корпусу, при цьому

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 58   |

негоризонтальність відносно поперечної вісі корпусу не більше 0,2мм на 1000мм довжини.

Зібраний корпус зварюють. Після зварювання перевіряють на горизонтальність корпусу барабана. Встановлюють бандажі на верхню частину корпусу барабана, а потім прокручуючи барабан встановлюють решту.

Після установки бандажів, корпус за допомогою підйомних улаштувань 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 башмаки по всьому перерізу корпусу.

Монтаж зубчатого вінця проводити аналогічно монтажу бандажів.

Перевіряють відхилення змонтованого корпусу:

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

Змонтований на загальній рамі привід встановлюють на фундамент.

Вивіряють привід по висоті і горизонтальне положення. При цьому необхідно співмістити зубчастий вінець із шестернею, зберігши зазор між вершиною зуба і впадиною не більше 0,25 модуля.

Перевіряють контакт поверхні зубців зубчастого вінця і підвінцевої шестерні. Контакт повинен бути не менше 70% по довжині зубця не менше 30% висоти зубця і розмішуватися рівномірно. Перевірку проводять шляхом нанесення тонкого шару фарби і при обертанні барабана слідкують за відбитками на зубцях зубчастого вінця.

Для монтажу завантажувальної камери необхідно

- а) надіти на корпус барабана лабіринтне ущільнення;

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 59   |

б) завантажувальну камеру зварити, перевірити овальність і при необхідності виправити.

Встановлюють на фундамент завантажувальну камеру. Вивіряють положення камери, забезпечуючи її паралельність і співвісність відносно корпусу барабана.

Закріплюють лабіринтне ущільнення до завантажувальної камери, потім остаточно встановлюють ущільнення і приварюють його до корпусу. Закріплюють вивантажувальну камеру і заливають її лапи бетонним розчином. Футерівку завантажувальної камери проводять при футерівці топки.

#### Монтаж пристрою вивантажувального.

Складають корпус вивантажувального пристрою. Одягають на корпус лабіринтне ущільнення. Одягають кінцевий фланець на корпус барабана, приварюють його до корпусу. Закріплюють улітку до кінцевого фланця корпусу барабана.

Перевіряють, щоб всі болти були затягнуті і щоб опорні поверхні їх головок повністю прилягали до фланця. Вивіряють і приварюють улітку до фланця барабана. Перевіряють обертання барабана, щоб улітка не зачіпалась за корпус вивантажувального пристрою.

Закріплюють до вивантажувального пристрою лабіринтне ущільнення. Потім закріплюють його до корпусу вивантажувального пристрою, вивіряють і приварюють його до корпусу барабана. Вивантажувальний пристрій після встановлення і вибірки остаточно закріплюють і заливають лапи бетонним розчином.

#### Монтаж завантажувального пристрою.

Встановлюють привід. Встановлюють корпус, прокручують шнек перевіряючи його.

Витки шнека завантажувача при прокручуванні не повинні дотикатися корпусу, при цьому зазор між витками шнека і корпусом не повинен

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

перевищувати 5мм по всій довжині шнека.

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

З'єднують вивантажувальний патрубок пристрою завантажувального з завантажувальним патрубком завантажувальної камери. Вивіряють завантажувальний пристрій.

#### Монтаж шнека бибантаження.

Встановлюють привід. Встановлюють корпус. З'єднують завантажувальний патрубок з вивантажувальним пристроєм, а вивантажувальний патрубок з транспортною системою.

Прокручують шнек. Витки шнеків не повинні дотикатися корпуса.

Площина роз'єму кришок і фланцевих з'єднань повинна забезпечувати щільність, запобігаючи забрудненню навколишнього повітря пилом сушеного жому.

Після монтажу всіх вузлів, що входять в комплект поставки заводом-виробником, огорожують всі обертові частини щитками і кожухами і з'єднують жомосушильний барабан до суміжних агрегатів.

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

Барабан після обкатки, підготовлений до футерівки, ізолюють.

Провести перебірку і наладку:

а) кінематики, електричних схем, сигналізації, частин що труться;

б) наявність мастильних матеріалів в усіх точках змащення;

в) відстань між упорними роликами і бандажем;

г) заземлення електроустаткування;

д) плавність переключення швидкості варіатора приводу

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

завантажувального пристрою;

є) відсутність биття з'єднувальних муфт шнеків.

## 4.2 Ремонт апарата [6]

Після закінчення сезону виробництва проводять чищення зовні та в середині сушильного барабана, розбирають вузли на деталі проводячи їх дефектацію, ремонтують підшипники кочення приводу і опорних роликів із шабруванням, шліфують шийки валу. При необхідності замінюють кожух розвантажувальної камери, ремонтують або замінюють опорні ролики і бандажі.

В приводній і натяжній станціях, в опорних роликах зношуються в основному підшипники, вали, передачі приводного механізму.

В процесі експлуатації транспортерів спостерігається зношення і деформація витків шнеків і жолобів, кінців валів, підвісних і кінцевих підшипників, деталей приводних станцій.

При сильному зношенні жолоба його замінюють новим, а при невеликих пошкодженнях на зношені місця ставлять латки. Деформовані ділянки жолобів і витків шнеків правлять. Зношені секції витків замінюють. Відремонтовані витки повинні бути перпендикулярними до вісі вала. Вал після зварювання витків треба перевірити на верстаті і при необхідності зробити його правку.

Після монтажу і ремонту жомосушильного барабана, установки огороження, приєднання комунікацій, але до початку футерівки і теплоізоляції провести прокручування барабана на 2 - 3 оберти вручну обертанням з'єднувальної муфти електродвигуна приводи барабана. Аналогічно поступить з приводами шнеків завантажування і вивантаження, виявлені при цьому недоліки усунути.

Знати, що всі механізми повинні обертатися тільки в зазначену сторону. Короткочасним включенням електродвигунів впевнитись, що

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

механізми обертаються в потрібну сторону.

Обкатка барабана проводиться до початку футерівки і теплоізоляції. Увімкнути електродвигуни приводи барабана і шнеків, перевірити роботу механізмів на холостому ході на протязі 4-5 годин.

При обкатці перевіряють правильність роботи - приводів, опорної і опорно-упорної станції, лабіринтне ущільнення, правильність зачеплення вінцево-зубчатої пари, прямолінійність обертання корпусу барабана і співвісність установки завантажувальної камери і вивантажувального пристрою, обертання улітки. При виявленні дефектів, роботу призупиняють, усувають виявлені недоліки і повторно обкатують на протязі 4-5 годин.

У випадку зміщення корпусу барабана або набігання бандажа на будь-який із опорних роликів, в результаті чого виникають великі зусилля на опорні ролики і порушується нормальне зачеплення вінцево-зубчатої 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.

Регулювання проводити упорними болтами таким чином-

а) послабити всі гайки болтів, якими кріпляться до рами стійки корпусів підшипників опорних роликів,

б) послабити контргайки і затягнути болти на півоберта;

В результаті цих регулювань, проведених на одній парі роликів, апарат при обертанні здвигається, і таким чином розвантажується один із опорних роликів.

Якщо буде спостерігатися підвищений тиск на протилежний упорний ролик, необхідно провести подальше регулювання всіх опорних роликів вище описаним способом.

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

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## 5 Охорона праці [12]

Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи обладнання.

### Повітря робочої зони

#### 1. Мікроклімат

Мікроклімат нормується за допустимими нормами, тому що б цеху спостерігається значне тепловиділення від жомосушильних барабанів і топки.

#### 2. Загазованість

Загазованість наявна під час роботи сушильної установки. В повітря потрапляють гази, утворені від згорання палива, тому загазованість повинна періодично контролюватись (один раз на два місяці).

#### 3. Запиленість

Переважає більшість виробничих технологічних процесів в цукровому виробництві супроводжуються значними пило виділеннями. Під час роботи жомосушильної установки в повітря робочої зони потрапляє жомовий пил.

Заходи підтримання чистоти повітря виробничих приміщень – запобігання проникненню пилу у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, удосконалення технологічного процесу;

- видалення пилу за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.

- застосування засобів захисту людини.

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що діють у відділенні сушіння жому наведені в таблиці 6.1.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Табл.6.1 Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

| Джерела виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників | Шкідливі та небезпечні виробничі чинники                         |
|--|--|
| 1. Стрічковий конвеєр  | Шум, обертові деталі, електричний струм                          |
| 2. Шнек  | Шум, обертові деталі, електричний струм                          |
| 3. Сушарка жому  | Температура, обертові деталі, електричний струм, виділення пилу. |
| 4. Циклони   | Виділення пилу, електричний струм.                               |
| 5. Норія   | Шум, обертові деталі, електричний струм                          |
| 6. Вентилятор  | Обертові деталі, електричний струм                               |

#### Пилове забруднення повітря

Пил - основний шкідливий фактор на багатьох харчових та переробних підприємствах, обумовлений недосконалість технологічних процесів.

Основні фізико-хімічні властивості пилу: хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), будова частинок, іаоз- чинність, щільність, питома поверхня, нижня та верхня концентраційні межі вибуховості суміші пилу з повітрям, електричні властивості та ін. Знання усіх цих показників дає можливість оцінити ступінь безпеки та шкідливості пилу, пожежо- та вибухонебезпеку.



Промисловий пи́л може бути класифікований за різними ознаками: за походженням - органічний (рослинний, тваринний, штучний пи́л), неорганічний (мінеральний, металевий пи́л) та змішаний (присутність часток органічного та неорганічного походження);

- за способом утворення - дезінтеграційний (подрібнення, нарізання, шліфування і т.п.), димовий (сажа та частки речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів);

- за отруючою дією на організм людини - нейтральний (не токсичний для людини пи́л) та токсичний (який отруює організм людини).

### Шум

Шум у жомосушильному відділенні перевищує нормативний. Шум створює майже все обладнання. Колективні та індивідуальні заходи, які направлені для зниження рівнів шуму і вібрації на працюючих, повинні відповідати ГОСТ 12А.046-78, ГОСТ 12.1029-80 і СНиП 11-2-77

Захист від шуму будівельно-акустичним методом необхідно проектувати на основі акустичного розрахунку і передбачати для зниження рівня шуму такі заходи:

- застосування звукоізоляції огорожувальних конструкцій;
- ущільнення по периметру вікон, воріт, дверей;
- звукоізоляція місць перетину огорожувальних конструкцій інженерними комунікаціями;
- обладнання звукоізольованих кабін для спостереження і дистанційного управління, сховищ, кожухів,
- застосування звукопоглинальних конструкцій та екранів,
- застосування глушителів шуму, звукопоглинальних покриттів у газоповітряних трактах вентиляційних систем кондиціонування повітря та гідродинамічних установок.

Устаткування, робота якого супроводжується інтенсивною вібрацією, встановлене на фундаментах, які ізольовані від конструкцій будівлі.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 66   |

Забороняється проводити модернізацію та реконструкцію устаткування, якщо це призводить до підвищення рівня шуму і вібрації.

#### Вібрація

Вібрація буває локальна і загальна. Машини, що потребують постійного ручного керування, або безпосереднього контакту з людиною, створюють загальну технічну вібрацію, що передається на фундамент або на підлогу, а через підлогу діє на людину.

Освітлення Освітленість робочих місць здійснюється природним світлом -в світлі години доби і штучним - у темні. Норми штучної освітленості робочих місць для відповідних професій наведені в галузевих нормах.7.2.5 Випромінювання В жомосушильному відділенні наявні тільки теплові випромінювання, враховані у нормуванні мікроклімату.

#### Електробезпека

Забезпечення захисту працівників від дії електричного струму застосовують засоби та способи захисту, передбачені "Правилами улаштування електроустановок" та "Правилами техніки безпеки електроустаткування споживачів".

Жомосушильне відділення відноситься до категорії виробництва "В". Приміщення відноситься до класифікації з підвищеною небезпекою. Стан повітря середовища в приміщенні - сухе.

#### Засоби електрозахисту

Зовнішній контур заземлення комплексної трансформаторної підстанції потужністю 2·1000 кВ, 6/0,4кВ розміром 40·4 мм, яка проложена в траншеї на глибині 0,5 м і з'єднана з електродами із круглої сталі діаметром 12 мм, довжиною 5 м з допомогою електрозварки.

Електроди із круглої сталі діаметром 12 мм, довжиною 5 м забиваються на глибину 5,5 м. Опір зовнішнього контура заземлення не повинен перевищувати 4-х Ом.

Внутрішній контур заземлення жомосушильного відділення і

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

запроектованої комплексної трансформаторної підстанції потужністю 2·1000 кВА, напругою 6/0,4 кВ виконаний із смугової сталі розміром 25·4 мм, яка проложена по стінам, металоконструкціям на висоті 0,5м від рівня підлоги, кабельних канавах, а також в штробах в підлозі.

В жомосушильному відділенні, комплексній трансформаторній підстанції потужністю 2·1000 кВА, напругою 6/0,4 кВ, заземлене все електричне обладнання, яке в результаті аварії може бути під напругою.

Вирівнювання потенціалів виконано шляхом приєднання металічних частин будівельних конструкцій, металічних корпусів технологічного обладнання, трубопроводів і других до магістралі заземлення.

Блискавкозахист жомо сушильного відділення виконаний методом з'єднання металічних колон між собою сталевим дротом діаметром 6мм з зовнішнім контуром заземлення в декількох місцях.

Передбачено захисне відключення, яке забезпечує автоматичне миттєве відключення всіх фаз і аварійної ділянки електричної мережі при виникненні однофазного замикання на землю в системах напругою 330/220 В з глухо заземленою нейтраллю.

#### Пожежна безпека

Жомосушильне відділення належить за вибухо-пожежонебезпекою до категорії В. Ступінь вогнестійкості будівельної конструкції - Ша. Клас приміщення та зона вибухопожежної небезпеки згідно ПУЕ П-П.

Протипожежна безпека будівлі досягається застосуванням конструкцій та матеріалів, які мають необхідну межу вогнестійкості і забезпечують будівлі потрібну ступінь вогнестійкості, у відповідності з ДБН.В. 1-7-2002, сертифіковані в Україні, мають визначені показники пожежної небезпеки.

Вогнезахист колон, балок перекриття, вертикальних пов'язей по колонам і головних балок перекриття виконується вогнезахисними сумішами для досягнення межі вогнестійкості REI60 ( Нью-Спрей товщиною 15 мм, Ендодерм ХТ-150, Унітерм 1,и мм, Термостор - 1,0 мм або інші).

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

Для евакуації людей з усіх позначок передбачено вихід назовні через вбудовану сходову клітину жомосушильного комплексу та два додаткові виходи через двері у воротах будівлі

На випадок пожежі передбачається пожежна сигналізація з виведенням сигналу на прохідну заводу.

Джерелом протипожежного водопроводу являється зовнішня кільцева мережа водопроводу. В будівлі два вводи водопроводу та сухотрубна система пожежогасіння, обладнана електрозасувками. Електрозасувки відкриваються дистанційно від кнопок біля пожежних кранів.

Внутрішнє пожежогасіння будівлі відбувається пожежними кранами ПК-1 - ПК-23.

Витрати води на внутрішнє пожежогасіння складає: 5,0 л/сек 2 (струмені). У зв'язку з тим, що будівля жомосушильного комплексу Ша ступеню вогнестійкості, втрати води збільшуються на 5 л/сек. у відповідності з вимогами п.6.3. СНиП 2М.01-85. До первинних засобів пожежогасіння належать-вогнегасники, ящики з піском, покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу, совкові лопати, пожежні відра і інше. Первинні засоби гасіння пожежі розміщені на пожежних щитах.

#### Вентиляція виробничого приміщення

Вентиляція жомосушильного комплексу загальнообмінна та припливно-витяжна з механічним та природним збудженням повітря. Від технологічного обладнання і місць утворення пилу встановлені системи аспірації. Запилене повітря перед викидом в атмосферу підлягає очищенню впиловідділювачах.

Для компенсації повітря, яке видаляється системами аспірації та технологічним забором повітря з виробничих приміщень встановленій! припливна механічна установка П1 та припливні природні установки ПЕ1 - ПЕ8.

Системи ПЕ1 - ПЕ8 подають зовнішнє повітря в приміщення на висоті

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

4,000 м.

Загальнообмінна витяжна вентиляція здійснюється установками В І-В3 та ВЕ1-ВЕК.

Димовидалення виконується через природні витяжні системи ВЕ1-ВЕ14 та вікна з механічним відкриванням фрауг в верхній частині будівлі.

На випадок пожежі вентилятори припливно-витяжних систем підлягають автоматичному відключенню.

Вентиляція виробничих приміщень механічна, припливно-витяжна, розрахована на забезпечення необхідних санітарних норм в помешканнях. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Приточне повітря потрапляє у приміщення крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі, попередньо очищаючись у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

В фіксованих місцях виділення пилу встановлене устаткування місцевих відсмоктувачів, пилевідділяюче обладнання має аспіраційні установки з очисткою повітря.

Для швидкої заміни повітря у приміщенні відділення на випадок аварії передбачена система аварійної вентиляції, яка вмикається автоматично при досягненні допустимої концентраційної межі шкідливих або небезпечних виділень.

В приміщенні потрібно підтримувати температуру  $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  за ГОСТ 12.1024-83. Це досягається шляхом кондиціонування повітря.

Приміщення, де встановлена сушарка, добре вентилується і має місцеві відсмоктувачі, а також аспіраційну установку з очисткою повітря.

Вихідні дані

| $F, \text{м}^2$ | $V, \text{м}^3/\text{с}$ | $P_1, \text{гПа}$ | $P_2, \text{гПа}$ | $d_{\text{вид}}, \text{Г/м}^3$ | $d_{\text{п.с}}, \text{Г/м}^3$ | $V_{\text{п}}, \text{м}^3 \cdot 10^2$ |
|-----------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 30              | 0,2                      | 22,61             | 55,87             | 17,25                          | 12,87                          | 15,0                                  |

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 70   |

Для видалення надлишкової вологи і забезпечення нормованих показників мікроклімату в приміщеннях продуктивність вентиляції (в м<sup>3</sup>/Г) розраховується за формулою:

$$L = \frac{1000 \cdot W_{\text{над}}}{\gamma(d_{\text{вид}} - d_{\text{п.с}})} \quad (6.1)$$

Кількість вологи, яка випаровується з поверхні F, розраховується за формулою:

$$W_{\text{над}} = F \cdot n(\lambda + 0,0174 \cdot V)(P_2 - P_1); \frac{\text{кг}}{\text{год}}. \quad (6.2)$$

Кратність повітрообміну вираховується за формулою:

$$N = \frac{L}{V_{\text{п}}}; \text{год}^{-1}; \frac{\text{обмін}}{\text{год}}. \quad (6.3)$$

де n- кількість одиниць обладнання з відкритою поверхнею випаровування (n=1).

Розраховуємо:

$$W_{\text{над}} = 30 \cdot 1(0,028 + 0,0174 \cdot 0,2)(55,87 - 22,61) \cdot 0,75024 = 23,56 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}}\right)$$

Переводимо гПа в мм.рт.ст.

1 мм.рт.ст.=133,322Па, звідки 1 Па=7,5024·10<sup>3</sup>мм.рт.ст.

Кількість повітря на вентиляцію:

$$L = \frac{23,56 \cdot 10^3}{1,2(17,25 - 12,87)} = 4483 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 71   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

$\gamma$ - густина повітря при даній температурі, за нормальних умов  $\gamma = 1,2$   
кг/м<sup>3</sup>

Кратність повітрообміну:

$$N = \frac{4483}{1500} = 2,9 \frac{\text{об}}{\text{год}}; \text{год}^{-1}$$

Тоді продуктивність вентиляційної системи повинна забезпечувати  
4483 м<sup>3</sup>/год.

Технічні дані вентиляційної установки:

Продуктивність – від 5500 до 15500 м<sup>3</sup>·год.

Напір повітря в трубопроводі колектора – 100 мм.вод.ст.;

Потужність двигуна – 4,6 кВт;

Швидкість обертання робочого колеса – 485 об/хв.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | ХІ.С.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |

## ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра на підставі теоретичного обґрунтування технологічного процесу здійснено раціональний вибір схеми сушильної установки для сушіння жому.

При проектуванні були виконані технологічні, конструктивні розрахунки та підібраний барабанний сушильний апарат з вмонтованими насадками з об'ємом  $V=160 \text{ м}^3$ , довжина барабана  $L_6=18 \text{ м}$ ; внутрішній діаметр барабана  $D_6=3.4 \text{ м}$ ;

Наведена технологічна схема сушильного відділення жому у виробництві цукру. Розраховане і підібране допоміжне обладнання сушильного відділення.

Апарат розрахований на міцність та герметичність, визначені товщина стінки, розрахована роликів опора, вал роликів опори, проведений розрахунок зубчатої передачі.

В монтажній та ремонтній частині обґрунтована компоновка обладнання, приведені способи виконання монтажних і ремонтних робіт.

В роботі проведений аналіз потенційних небезпек, що виникають під час експлуатації обладнання, розрахована система штучної вентиляції жомо сушильної установки.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  | 73   |



## Список літератури

1. «Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості» І.С.Гулий, Л.О.Орлов. За ред. академіка Гулого І.С. – Вінниця – Нова книга, 2001, - 575с
- 2.Гребенюк С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983 – 520 с.
3. Временные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов. Гипросахпром, М. , 1977. - 224-с.
4. Юхименко Н.П., Донаж Е.В. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов по теме «Расчет и конструирование пневматических сушилок», Сумы, 2000
5. Азрилевич М. Я. Технологическое оборудование сахарных заводов” – М.: Пищевая промышленность, 1972-312 с;
6. Белик В. Г., Зозуля С. А., Жарик Б. Н. и др, под ред. В. Г. Белика. Справочник по технологическому оборудованию сахарных заводов – К.: Техника, 1982 – 304 с
7. Бузыкин Н. А.Основы проектирования свеклосахарных заводов. Высшая школа К. 1975. - 257с.
9. Колесник Б. Г. Лошиков В. П., Парходько А. П. Справочник механика сахарного завода – М.: Легкая пищевая промышленность, 1983 – 267 с.;
10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х томах. - М.- Машиностроение, 1979. - 728с.
11. Гальперин Д.М. Монтаж и наладка технологического оборудования предприятий пищевой промышленности. Справочник. - М.- Агропромиздат, 1988. - 320с.
12. Купчик М.П., Гандзюк М.П.Основы охорони праці - К.-Основа, 2000 - 416с.

|      |      |          |        |      |                  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------|------|
|      |      |          |        |      | XI.C.00.00.00 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                  | 74   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                  |      |