

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Ярослав КОРНІЄНКО

(підпис)

“ \_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок підготовки:** 13 Машинобудування

**Спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв.

**Спеціалізація:** Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв.

**на тему:** Модернізація барабанної сушарки установки виробництва цеоліту

**Виконав студент IV курсу, групи ЛН-71**

Олександр ЛИТВИН \_\_\_\_\_

**Керівник проекту** канд. техн. наук, ст.викл. Ярослав ГРОБОВЕНКО \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

**Консультанти:**

з охорони праці канд. техн. наук, доцент Андрій КОВТУН \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

з економіки канд. техн. наук, ст.викл. Ярослав ГРОБОВЕНКО \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ Олександр ЛИТВИН

Київ – 2021

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

**Напрямок підготовки:** 13 Машинобудування

**Спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв.

**Спеціалізація:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ярослав КОРНІЄНКО

(підпис)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Литвину Олександрову В’ячеславовичу

1. **Тема проекту:** Модернізація барабанної сушарки установки виробництва цеоліту

Керівник проекту Гробовенко Я. В. кандидат технічних наук, ст. викладач

Затверджена наказом по університету від “26” квітня 2021 р. №1071-с

2. **Термін подання студентом проекту:** 9 червня 2021 р.

3. **Вихідні дані до проекту:** димові гази, витрати матеріалу 0,6 кг/с, початкова вологість матеріалу 20%, вологість матеріалу кінцева 3%, початкова температура матеріалу 17 °С, кінцева температура матеріалу 70 °С, початкова температура сушильного агента 500 °С, кінцева температура сушильного агента 110 °С.

4. **Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: розглянуті існуючі конструкції барабанних сушарок, обґрунтувати вибір конструкції апарата; аналіз обраної конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; розрахунок, що підтверджує працездатність та надійність конструкції:

параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; складальне креслення сушарки та його основних складальних одиниць і деталей; розроблення рекомендації щодо монтажу та експлуатації сушарки; оцінка рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викладення основних вимог безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надання рекомендацій щодо монтажу та експлуатації адсорбера;

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** технологічна схема виготовлення цеоліту – А1, складальне креслення барабанної сушарки – А1, корпус – А1, станція опорна – А1, ілюстрація до технічної ідеї патенту – А3.

**6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Андрій КОВТУН		
Очікувані техніко-економічні показники установки	Ярослав ГРОБОВЕНКО		

**7. Дата видачі завдання:** 1 вересня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту	16.04.2021	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації ( на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	18.04.2021	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції сушарки. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.		
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору апарату.	22.04.2021	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	24.04.2021	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	26.04.2021	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	15.05.2021	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	20.05.2021	
9	Розробка вимог до апарату з питань охорони праці	22.05.2021	

1	2	3	4
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	30.05.2021	
11	Попередній захист проекту	11.06.2021	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	12.06.2021	

**Студент**

\_\_\_\_\_ Олександр ЛИТВИН  
(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_ Ярослав ГРОБОВЕНКО  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

УДК 66.045

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” на тему: “Модернізація установки виробництва цеоліту з розробкою барабанної сушарки. Комплексний.”/ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Керівник Гробовенко Я. В. – К., КПІ ім. Ігоря Сікорського 2021.- 88с. іл.. - Викон. Литвин О.В. – Бібліогр.: с. 2.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 15 найменувань. Загальний обсяг записки становить 88 сторінок основного тексту, 22 рисунка, 7 таблиць.

Мета проекту – розробка сушарки для сушіння цеоліту. Спроектована сушарка дозволить висушити 17% вологи з мінералу. Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу сушарки, її місце в технологічній схемі, технічну характеристику апарата, порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами, патентне дослідження конструкції, наведено заходи, щодо охорони праці, проведено розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність конструкції. Наведено рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки і визначено очікувані техніко-економічні показники. Внаслідок модернізації з'явиться можливість підвищити ефективність сушіння цеоліту. Визначений також рівень стандартизації та уніфікації.

ДИМОВІ ГАЗИ, СУШАРКА, СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ, ЕФЕКТИВНІСТЬ  
СУШІННЯ

## РЕФЕРАТ

УДК 66.045

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему: "Модернизация установки производства цеолита с разработкой барабанной сушилки. Комплексный. "/ КПИ им. Игоря Сикорского. Руководитель Гробовенко Я. В. - М., КПИ им. Игоря Сикорского 2021.- 88с. ил .. - Сделал Литвин А.В. - Библиогр .: с. 2.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 15 наименований. Общий объем записки составляет 88 страниц основного текста, 22 рисунка, 7 таблиц.

Цель проекта разработка сушилки для сушки цеолита. Спроектированная сушилка позволит высушить 17% влаги из минерала. Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа сушилки, ее место в технологической схеме, техническую характеристику аппарата, сравнение основных показателей разработанной конструкции с аналогами, патентное исследование конструкции, приведены мероприятия по охране труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико-экономические показатели. Вследствие модернизации появится возможность повысить эффективность сушки цеолита. Определен также уровень стандартизации и унификации.

**ДЫМОВЫЕ ГАЗЫ СУШИЛКА, СУШКА ЦЕОЛИТА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУШКИ**

## ABSTRACT

UDC 66.045

Diploma project of education-qualification level "bachelor" on the topic: "Modernization of the plant for the production of zeolite with the development of a drum dryer. Complex."/ KPI named after Igor Sikorsky. Supervisor Grobovenko Ya. V. - K., KPI named after Igor Skorsky 2021 - 88p. ill. - Icon. Litvin O.V. - Bibliography: p. 2.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references with 15 references. The total volume of the note is 88 pages of the main text, 22 figures, 7 tables.

The project goal is to design a dryer for drying zeolite. The dryer is designed to dry 17% of mineral water. The note includes a description of the technological process, the choice of type of drier, its place in the process flowchart, technical characteristics of the device, the comparison of the main indicators of the developed design with counterparts, Patent examination of the design, given the measures on occupational safety, conducted calculations which confirm the validity and reliability of the design. Recommendations on installation and operation are given. The installation was modernized and the expected technical and economic performance was determined. As a result of the modernization will be possible to increase the efficiency of drying zeolite. The level of standardisation and unification is also determined.

SMOKE GASES, DRUM DRYER, DRYING ZEOLITE, DRYING EFFICIENCY

## Зміст

Вступ.....	12
1. Призначення та область використання барабанної сушарки.....	14
1.1 Опис технологічного процесу.....	14
1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі.....	16
2. Технічна характеристика.....	17
3. Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата.....	18
3.1 Опис конструкції основних складальних одиниць та деталей апарата....	18
3.2 Вибір матеріалів.....	20
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами..	23
3.4 Патентне дослідження.....	25
4. Охорона праці.....	31
4.1 Пожежна безпека.....	31
4.2 Електробезпека.....	32
4.3 Вібрація та шум.....	34
4.4 Мікроклімат робочої зони.....	35
5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції барабанної сушарки.....	36
5.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата.....	37
5.2 Розрахунок барабана на міцність.....	40
5.3 Розрахунок барабана на жорсткість.....	44
5.4 Розрахунок бандажа.....	46
5.5 Розрахунок напруження в бандажі від дії температури.....	52
5.6 Розрахунок бандажа на виносливість.....	54
6. Рекомендації щодо експлуатації та монтажу апарата.....	58
7. Рівень стандартизації та уніфікації.....	61
8. Техніко-економічне обґрунтування модернізації барабанної сушарки...	62

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>М о д е р н і з а ц і я і я у с т а н о в к и в и р о б и н и т в</i>	<i>Л і т.</i>	<i>А р к.</i>	<i>А к р у ш і</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Литвин</i>		<i>06.21</i>				
<i>Перевір.</i>		<i>Гробо в</i>		<i>06.21</i>				
<i>Т. Контр.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Гробовенко</i>						
<i>Затверд.</i>								
						<i>9</i>	<i>2</i>	<i>К П І і м е н і І Г о р я С і м е р с к и т в</i>

Висновки.....	66
Выводы.....	67
Conclusion.....	68
Перелік посилань.....	69
Додаток А.....	71
Додаток Б.....	76
Додаток В.....	81
Додаток Г.....	87

## Перелік умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

$C$  – прибавка до розрахункової товщини, м;

$H, h$  – висота, м;

$D, d$  – діаметри, м;

$m$  – маса, кг;

$N$  – потужність, Вт;

$F$  – площа, м<sup>2</sup>;

$n$  – частота обертання, с<sup>-1</sup>;

$G$  – продуктивність, кг/с;

$Q$  – теплове навантаження, Вт;

$\lambda$  – теплопровідність, Вт/(м·К);

$\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$V_p$  – робочий об'єм, м<sup>3</sup>;

$A_v$  – напруга барабана по волозі;

$q$  – лінійне навантаження Н/м;

$L$  – довжина, мм;

$\varepsilon$  – відносний прогин;

$t$  – температура, °С;

$\sigma$  – напруження, Па;

$x_0$  – вологовміст, кг/кг

$M_{max}$  – максимальний вигинаючий момент, Н·м;

$M_0$  – сумарний вигинаючий момент, Н·м;

$E$  – модуль пружності, МПа;

$R_{оп}$  – реакції опор, Н;

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Л і д п	Дата			11

## Вступ

Цеоліт – це велика група мінералів подібними за складом та властивостями, гідратованих алюмосилікатів натрію та кальцію зі скляним або перламутровим блиском, відомих своєю здатністю виділяти та реабсорбувати воду в залежності від температури та вологості.

Застосовується в скотарстві, сільському господарстві і також при очистці води в акваріумах, водяних басейнах та в фільтрах для очистки води.

Популярність даного мінералу обумовлена тим, що це екологічно чистий сорбент, який по своїм якостям переганяє активоване вугілля, завдяки посиленій адсорбції та іонному обміну. Застосування цеоліту в скотарстві в якості мінеральної кормової добавки стимулює укріплення імунної системи та нормалізує обмін речовин у тварин. У сільському господарстві цеоліт ефективно покращує урожай. Також сорбент використовують у нафтохімічній промисловості для осушування газів і середовищ, для очистки води. За його допомогою виготовляють дезактивацію твердих поверхонь, наприклад на АЕС. Попри широке розмаїття технологій, на жаль, небагато виробників можуть забезпечити необхідну якість цього продукту. Тому виробничий процес потребує вдосконалення. Отже робота є актуальною.

Мета роботи – проектування та модернізація барабанної сушарки, яка в даній технологічній схемі служить для сушіння цеоліту. Це дає можливість покращити ефективність сушіння барабанної сушарки. Подача матеріалу здійснюється однонаправлено.

В роботі необхідно описати конструкцію барабанної сушарки та її основних складальних одиниць та деталей, вибрати матеріали для її виготовлення, порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентні дослідження та навести заходи по охороні праці; провести параметричний розрахунок барабанної сушарки та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів конструкції; надати

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			12

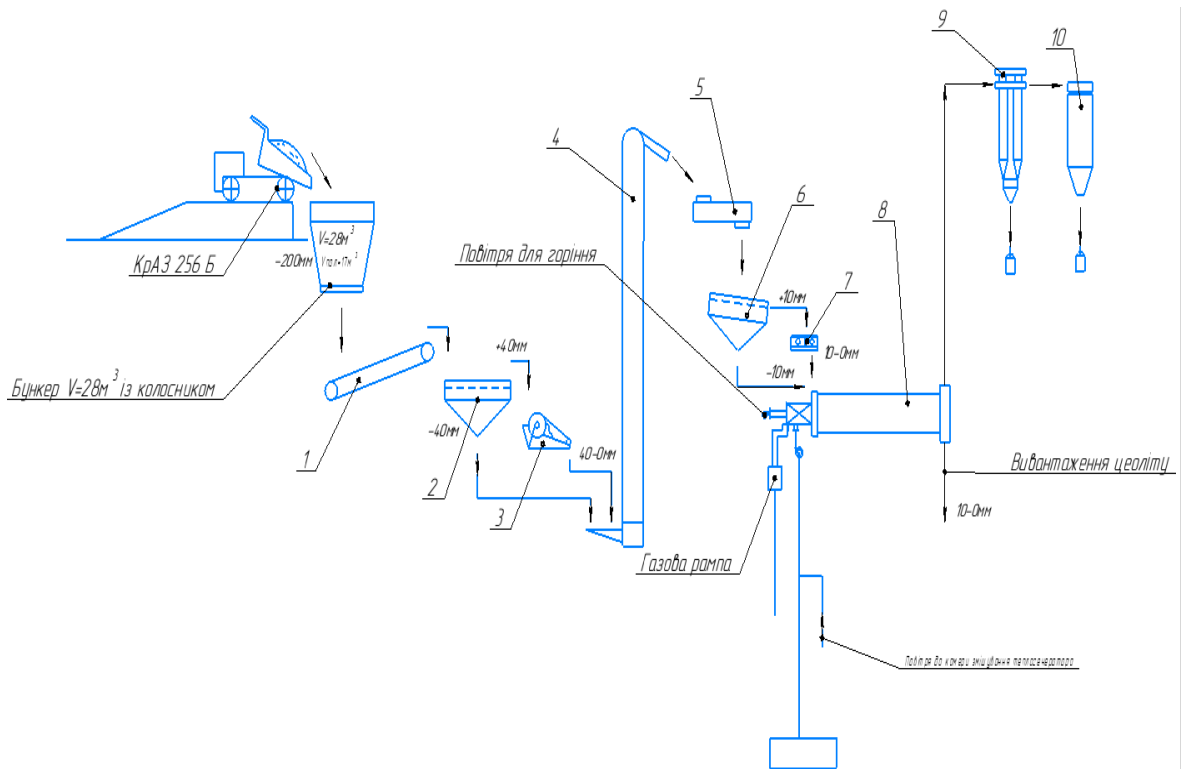
рекомендації щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації барабанної сушарки; виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату; розробити креслення технологічної схеми, складального креслення барабанної сушарки, барабана, розвантажувальної камери.

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№</i>	<i>П і д п</i>	<i>Дата</i>		<i>13</i>

# 1 Призначення та область використання барабанної сушарки

## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема для виробництва цеоліту, показана на рисунку 1.1 [1].



1 – конвеєр стрічковий; 2,6,10 – грохіт; 3 – дробарка щокорова; 4 – елеватор ланцюговий ковшовий №1; 5 – конвеєр шнековий; 7 – дробарка валкова зубчата; 8 – барабанна сушарка; 9 – кран кульовий;

Рисунок 1.1 – Схема виробництва цеоліту

Цеоліт добувають в кар'єрах, величезні поклади на території України знаходяться в Хустському районі Закарпатської області. На рисунку 1.2 зображено родовище цеоліту на Закарпатті.



## 1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі

Після розпилювальної сушарки матеріал виходить не достатньо сухим, тому його доцільно ще досушити. Кращим рішенням буде використати барабанну сушарку, що представляє собою барабан діаметром 2 м і довжиною до 12 м. Всередині барабану знаходиться лопатева насадка, у верхній частині лопатки мають спеціальні прорізи, за допомогою яких створюється більш ефективно перемішування речовини, таким чином цеоліт краще висушується, в результаті чого стає більш сипучим. Теплоносій і потік цеоліту подаються по осі апарату, що зменшує нагрів його стінок і дозволяє застосовувати димові гази, нагріті до 500 °С.

					ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата		16

## 2 Технічна характеристика

Технічні характеристики барабанної сушарки для сушіння цеоліту відображені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики барабанної сушарки.

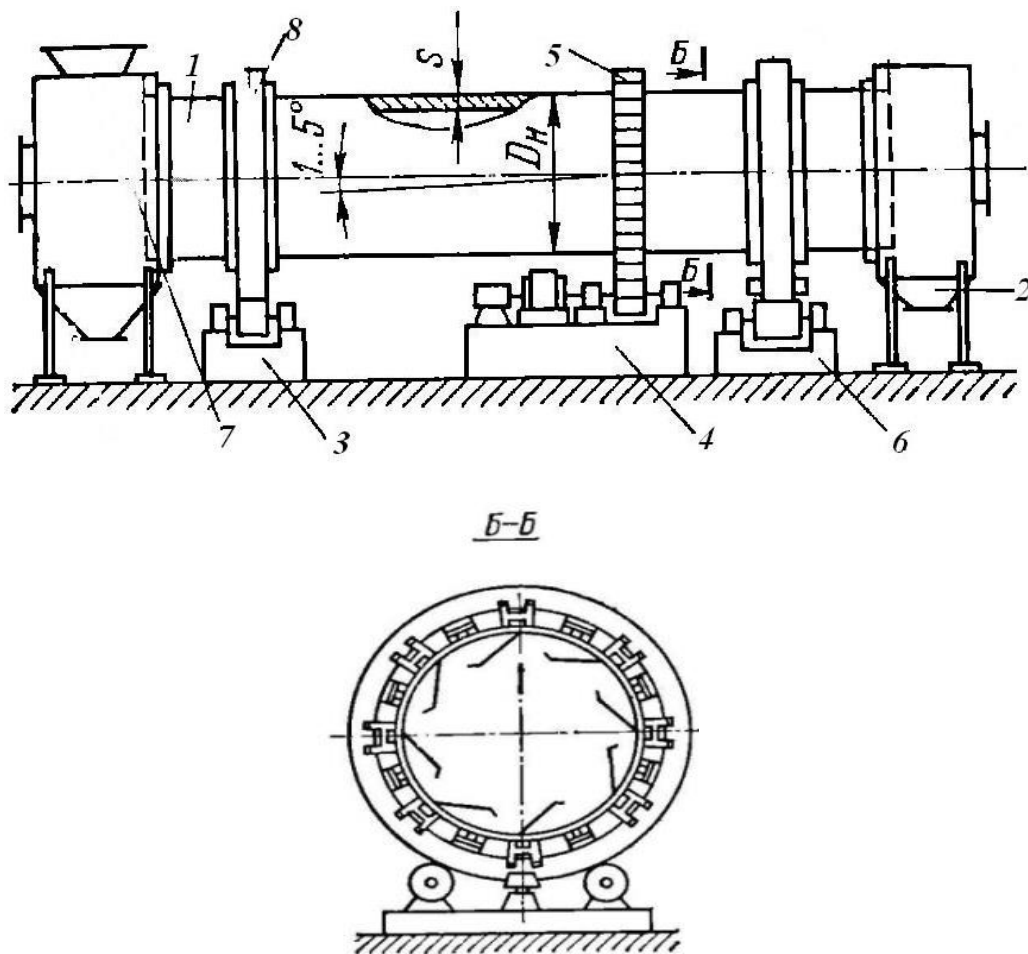
Призначення	сушіння цеоліту.
Принцип сушіння	прямоточний.
Режим роботи	безперервний.
Тип насадки	лопатева.
Початковий вологовміст продукту, %	20.
Кінцевий вологовміст продукту, %	3.
Продуктивність сушарки, кг/с	0,6.
Максимальна температура в апараті, °С	500.
Об'єм барабану, м <sup>3</sup>	37,68.
Габарити барабанної сушарки, мм:	
діаметр барабану	2000.
довжина барабану	12000.
товщина стінки барабану	12.
Гріючий елемент	димові газы.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			17

### 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата

#### 3.1 Опис конструкції основних складальних одиниць та деталей апарата

Схема барабанної сушарки наведена на рисунку 3.1



1 – барабан; 2 – камера розвантажувальна; 3 – станція опорна;  
4 – привід; 5 – зубчастий вінець; 6 – станція опорно-упорна; 7 – камера  
завантажувальна; 8 – бандаж

Рисунок 3.1 – Схема барабанної сушарки

Барабанна сушарка для сушіння цеоліту представляє собою циліндричний барабан 1, з прикріпленими до нього бандажами 8, що опираються на опорні ролики 3 і опорно-упорні ролики 6. Опорні ролики 3 встановлено під кутом 30 градусів. Упорні ролики встановлюються біля

бандажа, найбільш близького до середини сушарки. В опорах використовуються підшипники кочення.

Барабан – зварний, з товщиною стінки від 5 до 15 мм. Обертання барабана передається від приводу 4 через зубчатий вінець 5, закріплений на барабані. Потужність електродвигуна барабана залежить від геометричних розмірів сушарки і знаходиться в інтервалі від 1 до 40 кВт. Зубчата вінцева пара закрита захисним кожухом. Швидкість обертання барабанних сушарок від 1 до 10 об/хв. Барабан встановлюється з невеликим нахилом, щоб матеріал, що висушується поступово переміщався від завантажувальної камери 7, куди він подається, і до розвантажувальної камери 2. Зазвичай відношення довжини барабану до його діаметра мусить бути від 3 до 7.

Коли барабан обертається, лопаті підбирають матеріал, піднімають і скидають його, і в той же час продукт продувається сушильним агентом, таким чином відбувається процес сушіння. Сушильний агент та матеріал у барабані рухаються однонаправлено. На обох кінцях барабана розміщені ущільнювачі, щоб запобігти виходу продукту та охолоджуючої рідини.

На малюнку 3.2 зображено 3D модель барабанної сушарки.

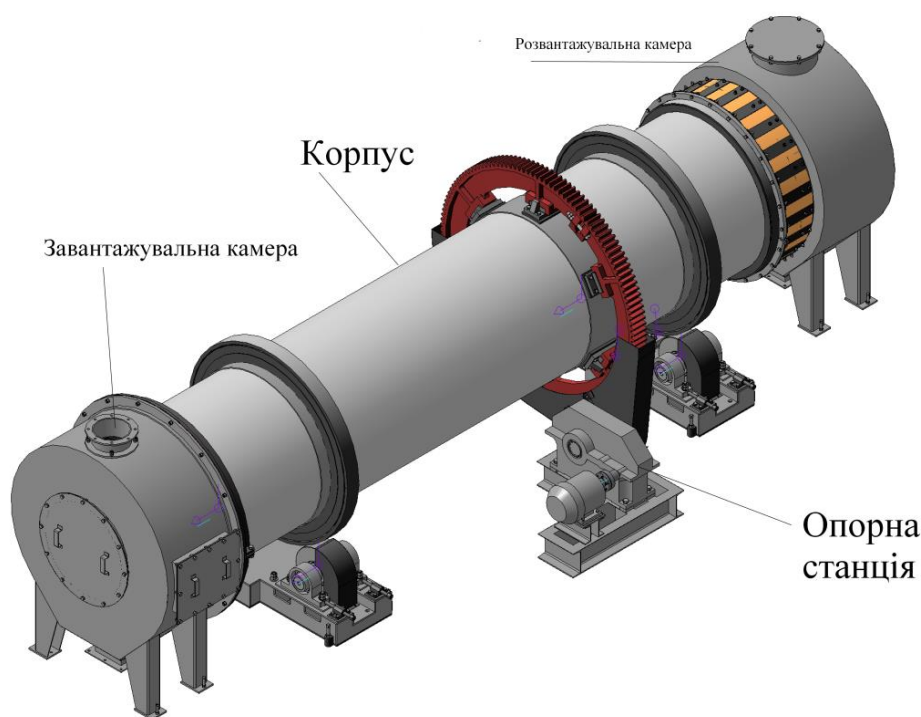


Рисунок 3.2 – 3D модель барабанної сушарки

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш	і	д	п	Дата
							19

### 3.2 Вибір матеріалів

У хімічній промисловості умови роботи апаратів пов'язані з широким діапазоном температур і тисків при агресивному впливі оброблюваного середовища. Основні вимоги, яким має відповідати хімічний апарат, є: механічна надійність; довговічність; конструктивна досконалість; легкість виготовлення; зручність транспортування; легкість експлуатації та монтажу. Отже матеріали повинні забезпечувати:

- В агресивних середовищах високу корозійну стійкість;
- високу механічну міцність при заданих робочих умовах;
- добру зварюваність матеріалів із забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань;
- низьку вартість і доступність матеріалів.
- при виборі конструкційних матеріалів необхідно враховувати фізичні властивості матеріалів;

Матеріали основних деталей барабанної сушарки занесені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матеріали основних деталей барабанної сушарки

Деталь	Матеріал
Корпус	Сталь 3 ГОСТ 5632–2005
Бандажі	Сталь 45Л–І ГОСТ 1050–88
Ролики упорні та опорні.	Сталь 45 ГОСТ 1050–88
Зубчастий вінець	СЧ21–40 ГОСТ 1412–85

Корпус барабана виготовлені зі Ст3 за ГОСТ 5632–72, тому що вона краще всіх задовольняє наші умови. За хімічним складом й механічними властивостями сталі марки Ст3 мають відповідати вимогам ГОСТ 5632–72.

Ст3 корозостійка, застосовується при виготовленні днищ, фланців, люків, патрубків, обичайок, що працюють в інтервалі температур мінус 20 до 600 °С та тиску до 5 МПа .

На рисунку 3.3 зображена Ст3.

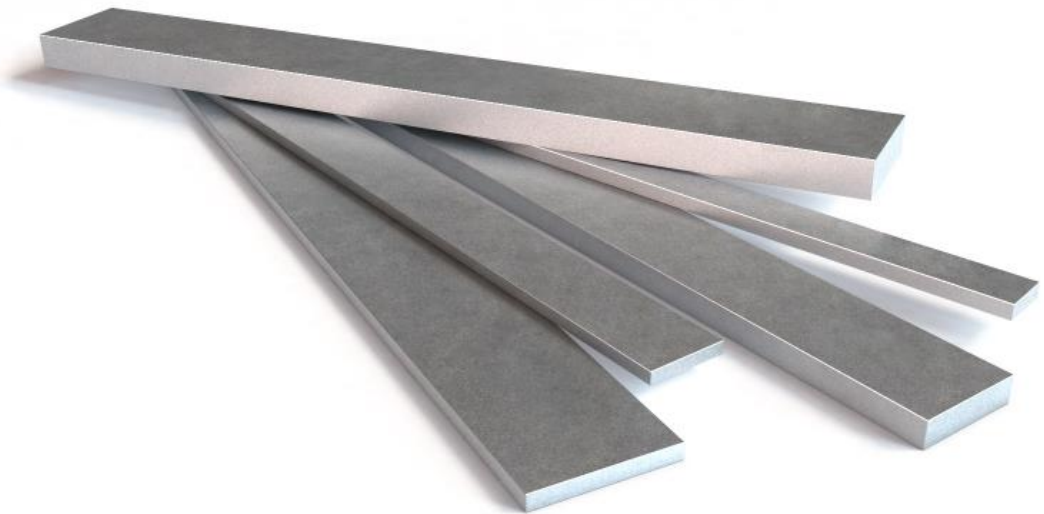


Рисунок 3.3 – Пластини Ст3

Бандажі виготовлені з Сталі 45Л–І за ГОСТ 1050–88. Це якісна вуглецева конструкційна сталь. Використовуються для виготовлення днищ, змійовиків, корпусів і багатьох інших елементів, що працюють в інтервалі температур від мінус 20 до 600 °С при тиску до 10 МПа з неагресивними й мало агресивними середовищами.

Опорні та упорні ролики виготовляються з матеріалу Сталь 45 згідно з ГОСТ 1050–88.

Це якісна вуглецева сталь. Оскільки ролики не мають контакту з продуктом і працюють в нормальному середовищі, то матеріал задовольняє всі умови. Сталь 45 використовується для виготовлення деталей підвищеної міцності, наприклад, втулки, осі, ролики, шестерні, та інших елементів

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			21

апаратів, які працюють при температурах від мінус 25 до 600 °С при тиску до 10 МПа з неагресивними й мало агресивними середовищами.

На рисунку 3.4 зображена сталь 45.



Рисунок 3.4 – Стержні сталь 45

Насадки повинні мати високу границю витривалості, оскільки він піддається багаторазовому навантаженні. Тому він повинен бути виготовлений з матеріалу, який має підвищену зносостійкість при твердості поверхні не менше 170-220 НВ. Більш висока твердість забезпечує високу гладкість і чистоту зовнішньої поверхні. Враховуючи не агресивність робочого середовища підставок та відносно не велику вологість картонного полотна, вибираємо матеріал СЧ 35 (рисунок 3.5), що задовольняє проведеним розрахункам, які наведені далі.



Рисунок 3.5 – Відливки сірого чавуна (СЧ 35)

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			22

Зубчастий вінець виготовлено з СЧ21–40 за ГОСТ 1412–85.

СЧ21–40 це висковуглецевий залізний сплав з вмістом вуглецю більше 2%. Перевага закладається, в тому, що вона має високі механічні властивості і дешева, саме тому, вона дуже популярна в якості конструкційного матеріалу. Чавун використовують для виготовлення маховиків, зубчастих колес, корпусних деталей, що працюють в неагресивних середовищах. СЧ21–40 використовують від мінус 15 до 600°С та тиску до 1 МПа. Вибраний чавун задовольняє необхідним умовам.

### **3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами**

У проекті розробляється конструкція барабанної сушарки для сушіння цеоліту.

Проектована конструкція містить горизонтальний сушильний барабан 1, що обертається за допомогою привода 4, розвантажувальну та завантажувальну камери 2 і 8 відповідно, опорну та опорно-упорну станції. При цьому сушильний барабан споряджено лопатевою насадкою.

Матеріал, що висушується, подається в завантажувальну камеру 2 і поступає на приймально-гвинтову насадку, а з неї надходить до основної насадки.

Ланцюгові та підйомно-лопатеві пристрої піднімають та скидають матеріал при обертанні барабана. Під кутом до горизонту до 5 °С встановлено барабан.

Висушений продукт переміщується в розвантажувальну камеру 7 де він проходить продувку сушильним агентом. Ущільнювальний пристрій встановлений між обертовим барабаном та нерухомою камерою. Порівняння основних показників конструкції з аналогами описано в таблиці 3.2.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			23

Таблиця 3.2 – Порівняння основних показників  
конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Барабанна сушарка з лопатевою насадкою	Однокамерна сушарка	Стрічкова сушарка
Продуктивність сушарки по випареній волозі, кг/с (бали)	0.0055(3)	0.0055(3)	0.0055(3)
Вологість матеріалу,% Початкова Кінцева (бали)	15-25(1) 3.6(3)	60(3) 7(1)	31.4(2) 6(2)
Температура теплоносія перед сушильною камерою, К(бали)	1123(2)	443(3)	463(3)
Конструктивні розміри, м	D=1(3) L=4(3)	D=1.5(1) L=2.67(1)	Короб 3.1x2.5x6.2(2)
(Сума балів)	(15)	(12)	(12)

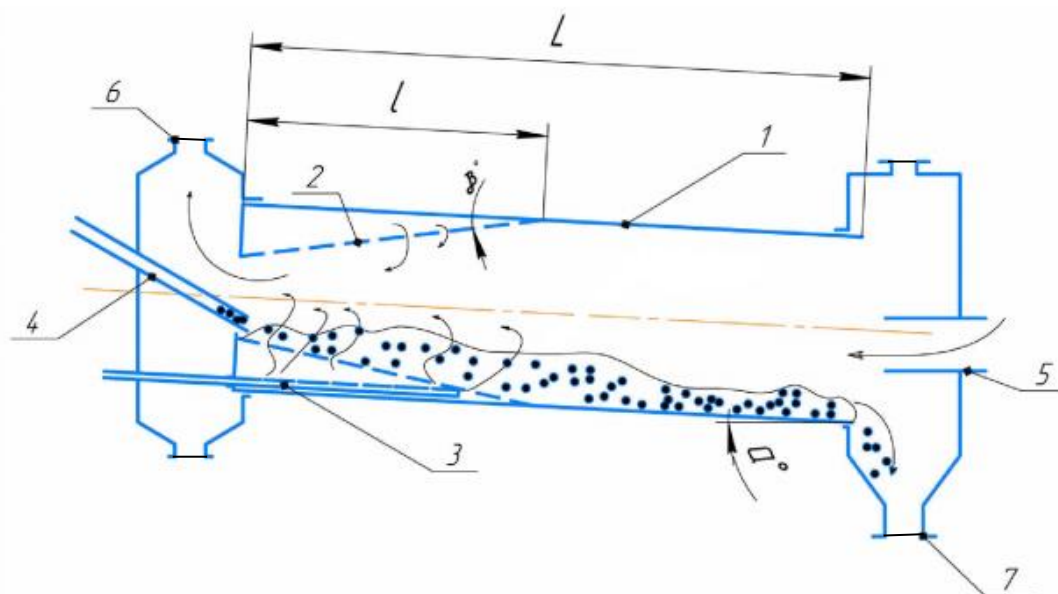
Висновок: Враховуючи, що вийшла найбільша оцінка в лопатевої сушарки, то потрібно використовувати саме лопатеву сушарку.

### 3.4 Патентне дослідження

Барабанна сушарка [2].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.6.

Барабанна сушарка складається з барабана 1, всередині якого знаходиться сито 2, що представляє собою конічну обичайку, під яку подається допоміжний потік теплоносія через патрубок 3. Матеріал, що підлягає обробці, подається живильником через завантажувальний пристрій 4. Сушильний агент подається через патрубок 5, проходить через барабан 1 і залишає апарат через відповідний патрубок 6, а готовий продукт виводиться з робочої камери через патрубок 7.



1 – барабан; 2 – сито; 3,5 – патрубок; 4 – загрузочний пристрій;

6 – вхідний патрубок; 7 – вивантажувальний патрубок;

Рисунок 3.6 – Схема барабанної сушарки

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			25

Переваги апарата:

- сушіння сильно мазких матеріалів
- екологічність.

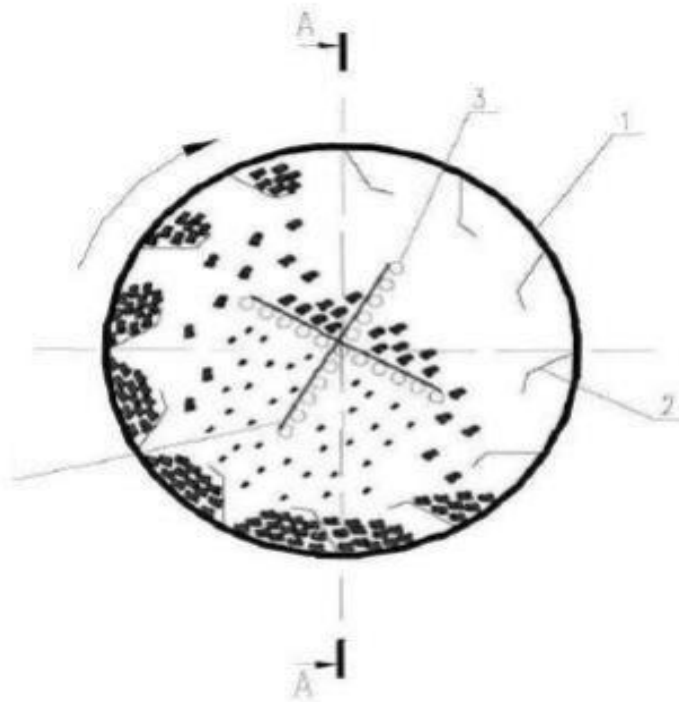
Недоліки апарата:

- локальний перегрів, злипання на поверхні жарових труб в застійних зонах барабана частинок матеріалу, що висушується, що тягне за собою зменшення продуктивності сушильного апарату.

Барабанна сушарка [3].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.7.

Барабанна сушарка містить сушильний барабан 1 з лопатями 2, всередині якого розміщено розсікач 3 у формі хреста, виконаний із труб, розміщених вздовж осі барабана. До поверхні труб кріпиться сітка 4.



1 – барабан, 2 – лопаті, 3 – розсікач, 4 – сітка.

Рисунок 3.7 – Схема барабанної сушарки

Переваги апарата:

- економність у витратах тепла

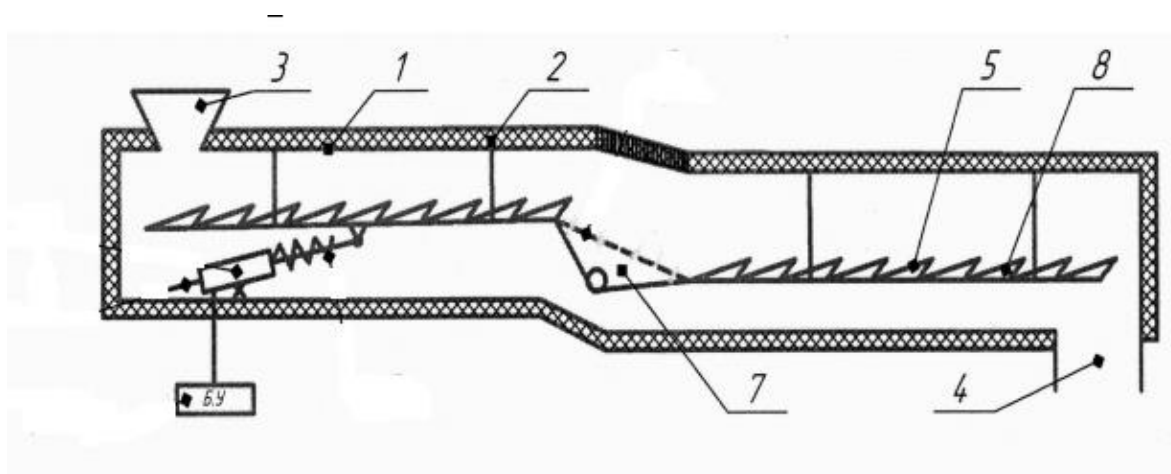
Недоліки апарата:

- низька ефективність;
- злипання вологого матеріалу у великі шматки на початку сушіння;
- короткий час перебування матеріалу в потоці сушильного агенту;
- громіздкість.

Пристрій для сушки зерна [4].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.8.

Пристрій для сушки зерна включає в себе кожух 1, поверхню як покрита теплоізолюючим матеріалом 2, завантажувальний бункер 3, вивантажувальне вікно 4, нагрівальний елемент 5, вентилятор 6, пристрій для відводу повітря 7, транспортувальний орган 8. Пристрій працює наступним чином: вмикаються нагрівальні елементи пристрою до необхідної температури, потім включається привід і вентилятор і подають зерно в завантажувальний бункер, звідки він рухається в першу секцію транспортного робочого органу і далі переміщається в сторону відвантажувального вікна.



1 – кожух, 2 – теплоізолюючий матеріал, 3 – завантажувальний бункер, 4 – вивантажувальне вікно, 5 – нагрівальний елемент, 6 – вентилятор, 7 – пристрій для відводу повітря, 8 – транспортувальний орган.

Рисунок 3.8 – Пристрій для сушки зерна

Переваги:

- легкість у виробництві;

					ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата		27

- надійність конструкції;

Недоліки:

- малоефективне використання енергії;

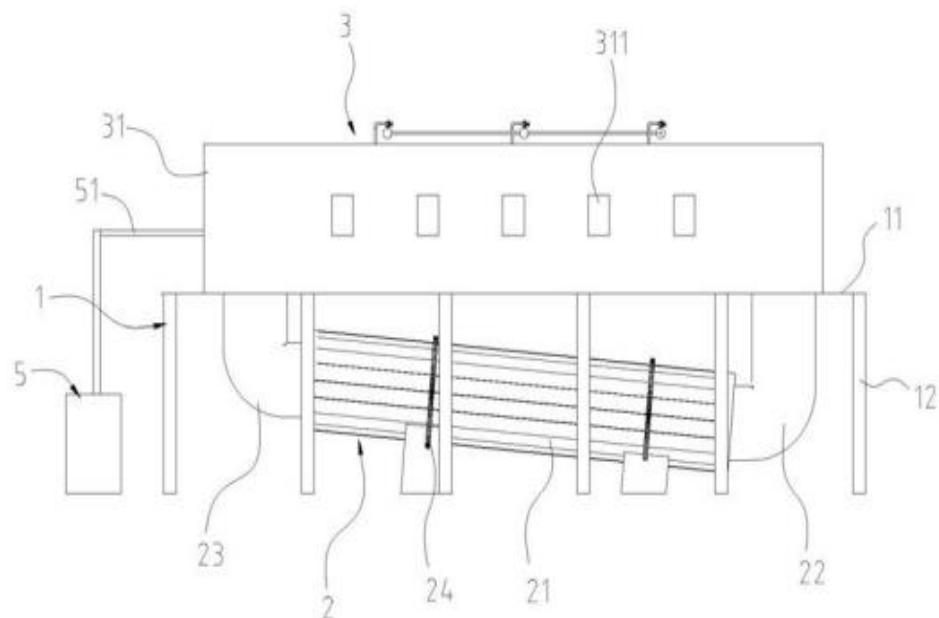
- обмежена можливість використання;

- громіздкість.

Барабанна сушарка [5].

Схема даного апарата зображена на рисунку 3.9.

Барабанна сушарка включає раму 1, основний блок 4 теплового насосу, імпульсну систему видалення пилу 3, систему збирання пилу 5 і барабанну піч 2.



1 – рама, 2 – барабанна піч, 3 - система видалення пилу, 4 – основний блок, 5 – система збирання пилу.

Рисунок 3.9 – Схема барабанної сушарки

Переваги:

- якісне сушіння матеріалу;

- надійність у роботі.

Недоліки:

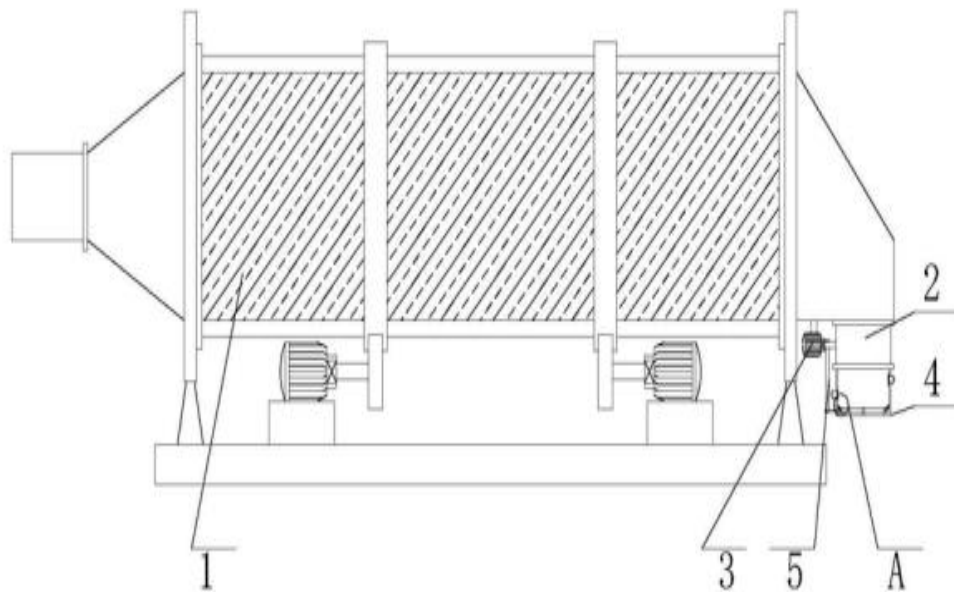
- складність конструкції;

- утворення пилу при сушінні;
- громіздкість.

Барабанна сушарка [6].

Схема барабанної сушарки зображена на рисунку 3.10.

Корисна модель включає в себе корпус барабана, розвантажувальний клапан 2, розвантажувальний двигун 3, трубу 4, передаточний ремінь 5. Корпус барабана обертається завдяки двигунам. Сушильний агент сушиться в корпусі і відвантажується через трубу.



1 – корпус, 2 – розвантажувальний клапан, 3 – розвантажувальний двигун, 4 – труба, 5 – передаточний ремінь.

Рисунок 3.10 – Схема барабанної сушарки

Переваги:

- надійність конструкції;
- велика продуктивність;
- висока економічність;
- простота конструкції;
- зручність конструкції;



## 4. Охорона праці

Опираючись на закон України про охорону праці, на технологічні процеси та обладнання потрібно забезпечити умови праці, які максимально зменшать ризики для людей при роботі на підприємстві.

Створення безпечних і здорових умов праці обумовлюють необхідність виявлення небезпечних факторів, щоб на стадії проектування зробити все для того, щоб уникнути загроз. На сьогоднішній день це головне завдання.

Згідно дипломного проекту «Модернізація установки виробництва цеоліту з розробкою барабанної сушарки», установку обслуговує оператор, робоче місце якого  $20\text{м}^2$  і об'єм  $60\text{м}^3$ .

Під час експлуатації барабанної сушарки наявні такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- 1) Пожежна безпека;
- 2) Електробезпека;
- 3) Вібрація та шум;
- 4) Мікроклімат робочої зони;

Охорона праці виконана згідно методики [7].

### 4.1 Пожежна безпека

Пожежна характеристика матеріалів: під час роботи не використовуються легкозаймисті матеріали.

Ділянка призначена для експлуатації в пожежонебезпечних зонах класу П-І Іа за ПУЕ. Категорія виробництва "В" по ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».

Для уникнення пожеж здійснюються такі заходи:

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			31

Технічні – дотримання протипожежних норм і правил при проектуванні споруд, електричних мереж та електропостачання.

Організаційні - проведення лекцій, інструктажів робітникам по пожежній безпеці.

Експлуатаційні – правильна експлуатація машин , регулярні огляди, ремонт та випробування кожного апарату.

Також здійснюються заходи режимного характеру – заборона використання вогню в пожежонебезпечних зонах, категорична заборона паління з накладанням штрафу в разі порушення цього правила.

Основні заходи уникнення пожежної безпеки:

В кожному приміщенні встановлюються вогнегасники, які щорічно оновлюються.

Встановлені датчики диму та сигналізація, яка сповістить про небезпеку. Кожен місяць перевіряється на роботоздатність.

Забезпечена схема швидкої евакуації людей у разі виникнення пожежі. Кожні двері на виході повинні бути не менше 2,5м у висоту та 1м в ширину, згідно зі СНиП 2.09.02-85 «Виробничі будівлі. Зі змінами.»

Згідно площі нашої робочої зони рекомендую встановити один порошковий вогнегасник ВП-5 (ОП-5) і один вуглекислотний вогнегасник ВВК-3.5 (ОУ-5 / ВВ-5).

## 4.2 Електробезпека

Обладнання, розроблене за проектом, буде розташоване в сухому приміщенні з нормальною температурою та вологістю. Підлога приміщення виконана із залізобетону.

Клас приміщення за ступенем ураження електричним струмом відноситься до першого класу, тобто без підвищеної небезпеки.

Причини електротравм персоналу під час роботи:

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			32



Схема заземлення наведена на рисунку 4.1.

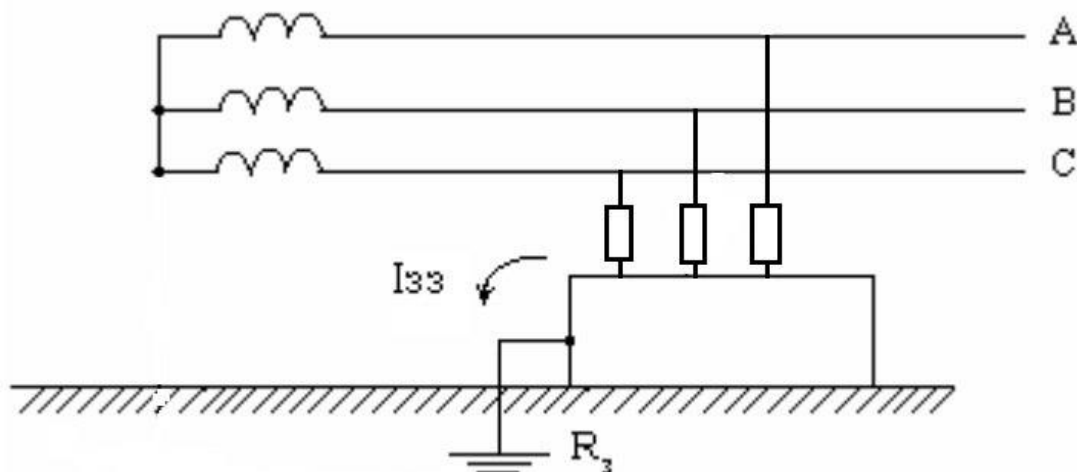


Рисунок 4.1– Схема заземлення

Всі ці методи захисту від ураження електричним струмом використовуються на виробництві та відповідають ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом».

### 4.3 Вібрація та шум

Шум виникає під час роботи двигунів, вентиляції, компресорів.

Засоби забезпечення нормального рівня шуму забезпечуються такими методами:

Встановлення віброізоляції.

Якісний підбір осьових вентиляторів марки Турбовент Сігма 550 .

Звукоізоляція за допомогою глушників, кожухів, резонаторів, оздоблення стін тощо.

Завдяки переліченим засобам рівень шуму не перевищує допустимого 80дБа, згідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Джерелом вібрації є двигуни, обертові лінії. Вони виникають внаслідок нещільного з'єднання корпусів, неточності установки.

					ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата		34

Вібрація усувається такими методами:

- 1) Використання гумових прокладок
- 2) Встановлення додаткової віброізоляції
- 3) Встановлення додаткових ребер жорсткості

Всі вимоги по віброзахисту відповідають нормам.

#### 4.4 Мікроклімат робочої зони

Однією з необхідних умов здорової та високопродуктивної роботи є забезпечення чистого повітря та нормальних умов у робочій зоні приміщення. Мікроклімат відповідає до санітарних норм. Умови стандартизовані відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Вологе повітря має великий вплив на терморегуляцію тіла, тому оптимальні значення відносної вологості складають 40-60%.

Мінімальна швидкість повітря, яку відчуває людина, становить 0,2 м/с,

взимку швидкість повітря не повинна перевищувати 0,2-0,5 м / с, а влітку - 0,2 - 0,4 м / с.

Норми мікроклімату виконуються згідно зі ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Висновок: всі умови по захисту від ураження струму виконано, також встановлено один вуглекислотний вогнегасник ВВК-3.5 (ОУ-5 / ВВ-5). Прийняті всі заходи для уникнення пожежі та опіків та встановлено один порошковий вогнегасник ВП-5 (ОП-5) . Забезпечена шумоізоляція та віброізоляція для робітників. Мікроклімат в нормі.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			35

## 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції барабанної сушарки

### 5.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата

Мета розрахунку: визначення питомих витрат тепла та теплоносія та основних габаритних розмірів сушарки - діаметр та довжина барабана.

На рисунку 5.1 наведена схема параметричного розрахунку.

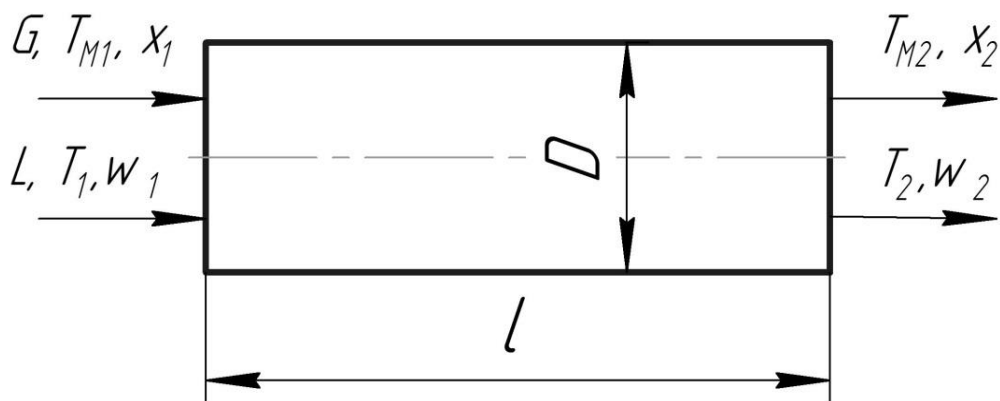


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема параметричного розрахунку

Вхідні дані:

Матеріал, що висушується	цеоліт;
Витрата матеріалу $G$ , кг/с	0.6;
Початкова вологість матеріалу $\omega_1$ , %	20;
Кінцева вологість матеріалу $\omega_2$ , %	3;
Початкова температура матеріалу $t_{m1}$ , °C	17;
Кінцева температура матеріалу $t_{m2}$ , °C	70;
Початкова температура сушильного агента $t_1$ , °C	500;

Кінцева температура сушильного агента  $t_2$ , °C 110;

Сушильний агент димові гази;

Розрахунок виконано згідно методики [8]:

Розраховуємо параметри димових газів, які подаються в барабанну сушарку.

1. Матеріальний баланс.

Кількість вологи, що випаровується визначається за формулою, кг/с:

$$W = \frac{G(\omega_1 - \omega_2)}{100 - \omega_1} \quad (5.1)$$

Кількість вихідного вологого матеріалу, кг/с:

$$G_1 = G + W \quad (5.2)$$

Визначаємо параметри сушильного агента димових газів і витрати теплоти на сушіння.

Тиск насиченої водяної пари при  $t_0 = 6,65$  °C складає  $p = 965$  Па = 0,965 кПа.

Вологовміст димових газів, які поступають в калорифер, кг/кг:

$$x_0 = 0,622 \cdot p \frac{\varphi}{B - p \cdot \varphi} \quad (5.3)$$

Ентальпія димових газів із навколишнього середовища, кДж/кг:

$$I_0 = (c_{с.в} + c_{п.х})t + r_0x \quad (5.4)$$

Ентальпія димових газів на вході в сушарку після калорифера, кДж/кг:

$$I_1 = (c_{с.в} + c_{п.х})t_1 + r_0x \quad (5.5)$$

Питомі витрати теплоти на нагрівання матеріалу, кДж/кг

$$q_M = G \cdot c_M \cdot \frac{t_M'' - t_M'}{W} \quad (5.6)$$

						ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
Зм	А р к	№	П і д п	Дата			37

Втрати теплоти сушаркою в навколишнє середовище, віднесені до 1 кг маси вологи, що випарюється, згідно з ОСТ 26-01-450 – 78 приймають в межах 85 – 170 кДж/кг. Приймаємо  $q_{втр}=100$  кДж/кг.

Змінення потенціалу димових газів відносно вологи, що випарувалась, кДж/кг:

$$\Delta = 4,19 \cdot t'_m - (q_m + q_{втр.}) \quad (5.7)$$

Ентальпія пари при кінцевій температурі димових газів, що виходять із сушарки, кДж/кг:

$$I_{п.к} = r_0 + c_p \cdot t_2 \quad (5.8)$$

Ентальпія димових газів на виході із сушарки, кДж/кг:

$$I_2 = \frac{c_{с.в} \cdot t_2 \cdot \Delta + I_{п.к} \cdot (x \cdot \Delta - I_1)}{\Delta - I_{п.к}} \quad (5.9)$$

Кінцевий вологовміст димових газів на виході із сушарки, кг/кг:

$$x_k = \frac{I_2 - I_1}{\Delta} + x \quad (5.10)$$

Витрати димових газів, кг/с:

$$L = \frac{x}{x_k - x} \quad (5.11)$$

Витрати теплоти в калорифері:

$$Q_{кал} = L(I_1 - I_0) \quad (5.12)$$

Витрати гріючого пара на нагрів димових газів в калорифері, кг/с:

$$G_{г.п} = \frac{Q_{кал}}{r} \quad (5.13)$$

де  $r=2171$  кДж/кг – теплота пароутворення при  $p=0,3$  МПа.

Визначаємо попередні розміри сушильного барабана.

Необхідний робочий об'єм барабана, м<sup>3</sup>:

$$V_6 = \frac{W \cdot 3600}{A_v} \quad (5.14)$$

Де  $A_v$  це напруга барабана по волозі

Відношення довжини барабана до його діаметру повинно бути рівним  $L/D = 3,5 \dots 7$ , приймаємо  $L/D = 5,95$ . Тоді

$$V_6 = 0,785 \cdot D^2 \cdot 5,95 \cdot D = 4,67 \cdot D^3$$

Діаметр барабана, м:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_6}{4,67}} \quad (5.15)$$

Довжина барабана, м:

$$L = D \cdot 5,95 \quad (5.16)$$

Приймаємо за ОСТ 26-01-437 – 78 барабан для сушіння діаметром  $D=2000$  мм і довжиною  $L=12000$  мм, виконання 1.

Уточнюємо об'єм обраного барабана, м<sup>3</sup>:

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} \quad (5.17)$$

Уточнюємо напруження барабана по волозі, що випарувалась:

$$A_v = W \cdot \frac{3600}{V_6} \quad (5.18)$$

Алгоритм та програма розрахунку основних геометричних розмірів барабанної сушарки наведено в додатку Б.

Висновок: приймаємо барабан для сушіння діаметром  $D=2000$  мм і довжиною  $L=12000$  мм.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			39

## 5.2 Розрахунок барабана на міцність

Мета розрахунку: перевірити умови міцності для барабана сушарки, товщиною  $s_{\sigma} = 0,012$  м.

Розрахункова схема розподілення навантажень на барабан зображена на рисунку 5.2.

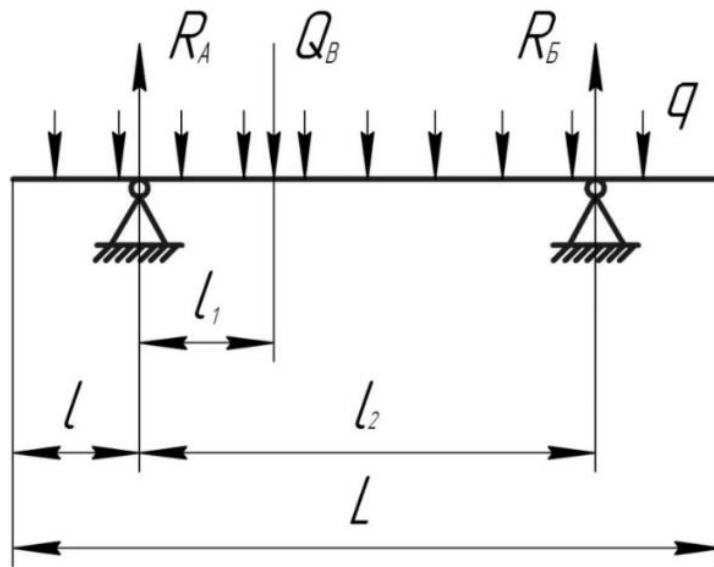


Рисунок 5.2 – Схема розподілення навантажень на барабан

Вихідні дані

Зовнішній діаметр барабана $D_3$ , м	2;
Довжина барабана $L$ , м	12;
Відстань від краю барабана до опори $l$ , м	2,5;
Відстань між бандажем та шестернею $l_1$ , м	0,925;
Відстань між опорами $l_2$ , м	7;
Коефіцієнт заповнення барабана, $\psi$	0,15;
Модуль пружності $E$ , МПа	$1,87 \cdot 10^5$ ;
Маса корпусу барабана з насадкою $m_K$ , кг	24990;

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			40

Навантаження від вінцевої шестерні $Q_B$ , Н	12260;
Допустиме навантаження $[\sigma]$ , МПа	10;
Допустимий відносний прогин барабана, $[\varepsilon]$	1/300;
Насипна густина матеріалу $\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	800;
Матеріал барабана	Ст3;

Порядок розрахунку:

Що нам необхідно визначити:

- 1) лінійне навантаження;
- 2) реакції опор;
- 3) максимальний вигинаючий момент;
- 4) напруження у корпусі барабана.

Розрахунок виконано згідно методики [9]:

Розрахунок внутрішнього діаметру барабана:

$$D_B = D_3 - 2s_6 = 2 - 2 \cdot 0,012 = 1,976 \text{ м.}$$

Розрахунок маси матеріалу, яка знаходиться в сушарці:

$$m_m = \frac{\psi \rho_n L \pi D_B^2}{4} = \frac{0,15 \cdot 800 \cdot 12 \cdot 3,14 \cdot 1,976^2}{4} = 4416 \text{ кг.}$$

Сумарна маса барабана та матеріалу:

$$m = m_k + m_m = 24990 + 4416 = 29410 \text{ кг.}$$

Розрахунок лінійного навантаження:

$$q = \frac{mg}{L} = \frac{29410 \cdot 9,81}{12} = 24040 \text{ Н/м.}$$

Розрахунок реакцій опор:

$$R_A = \frac{qL}{2} + \frac{Q_B l_1}{l_2} = \frac{24040 \cdot 12}{2} + \frac{12260 \cdot (7 - 0,925)}{7} = 154900 \text{ Н.}$$

$$R_B = \frac{qL}{2} + \frac{Q_B (l_2 - l_1)}{l_2} = \frac{24040 \cdot 12}{2} + \frac{12260 \cdot 0,925}{7} = 145900 \text{ Н.}$$

Будуємо епюру навантаження барабана поперечним моментом  
(рисунок 5.3) від розподіленого навантаження:

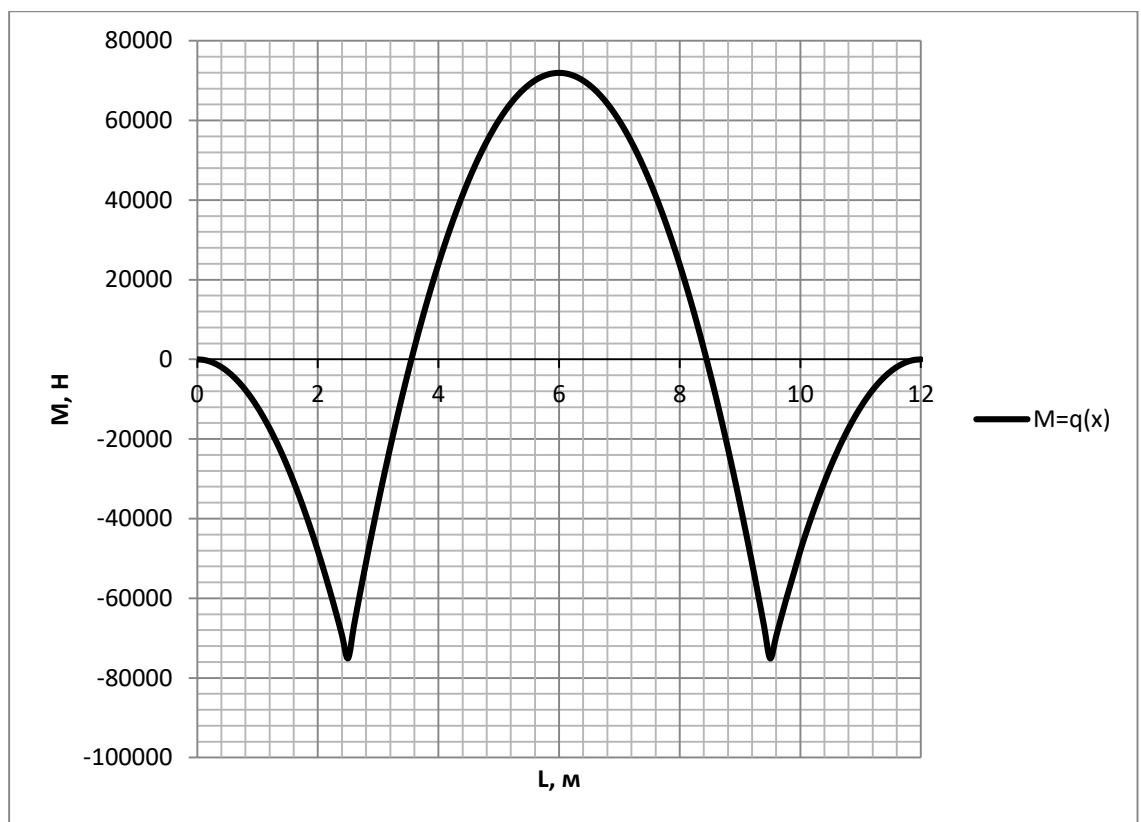


Рисунок 5.3 - Епюра навантаження барабана поперечним моментом  
від розподіленого навантаження

Будуємо епюру навантаження барабана поперечним моментом  
(рисунок 5.4) від поперечної сили

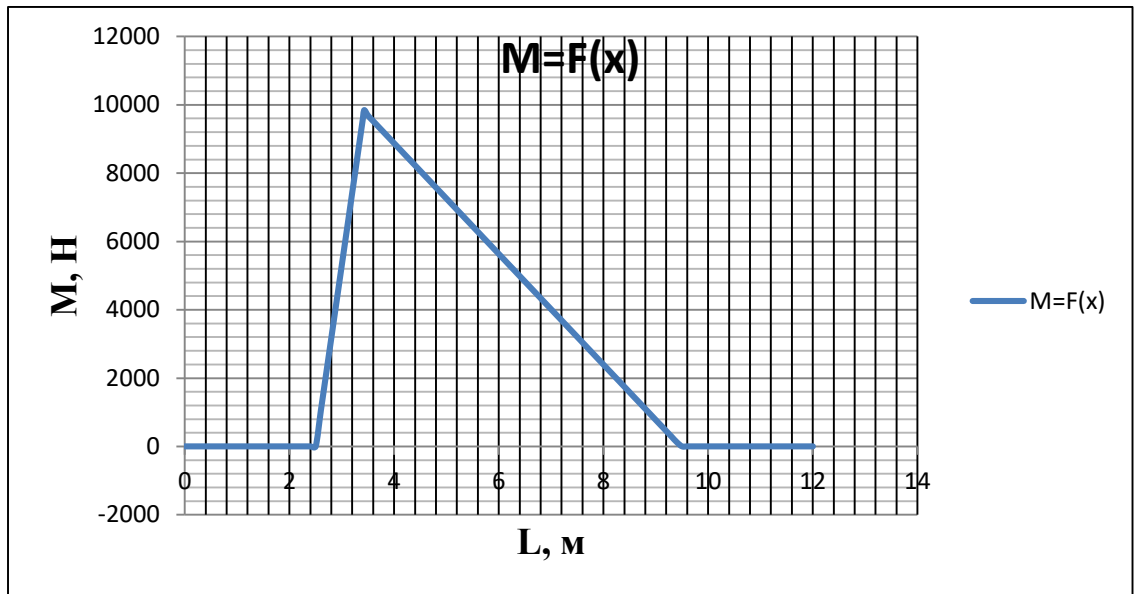


Рисунок 5.4 - Епюра навантаження барабана поперечним моментом від поперечної сили.

Будуємо сумарну епюру навантаження барабана поперечним моментом (рисунок 5.5) від розподіленого навантаження та поперечної сили.

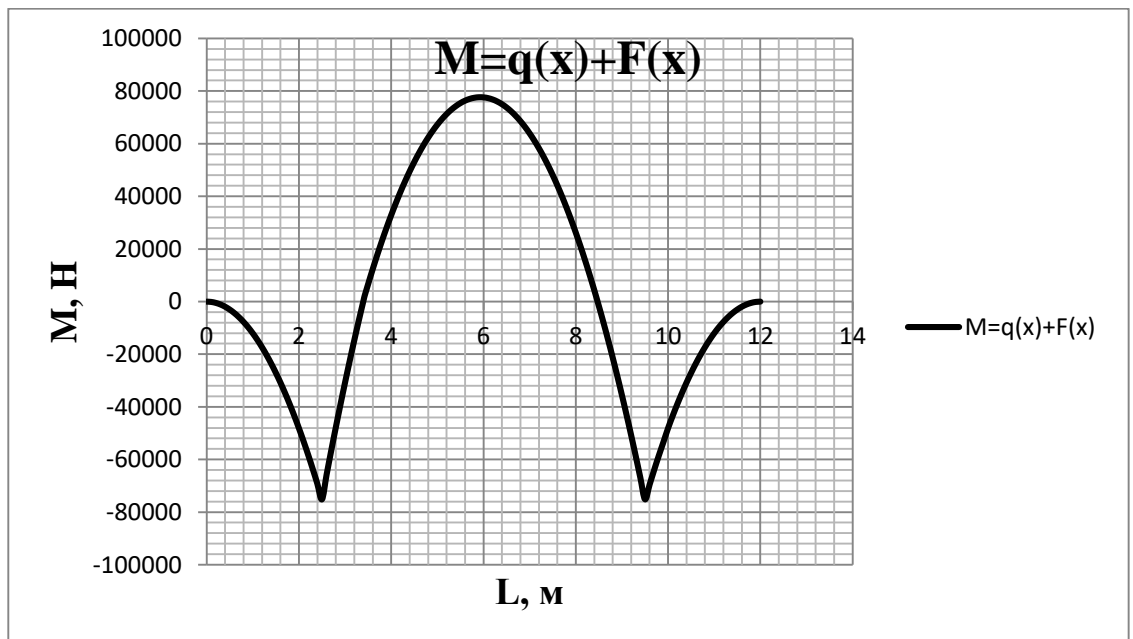


Рисунок 5.5 - Епюра навантаження барабана поперечним моментом від розподіленого навантаження та поперечної сили.

Максимальний вигинаючий момент, що діє на барабан:

$$M_{\max} = 77656 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Момент опору перерізу корпусу барабана:

$$W_1 = \frac{s_{\sigma} \pi D_{\text{cp}}^2}{4} = \frac{0,012 \cdot 3,14 \cdot 1,988^2}{4} = 0,037 \text{ м}^3,$$

де  $D_{\text{cp}}$  - середній діаметр:

$$D_{\text{cp}} = \frac{D_3 + D_в}{2} = \frac{2 + 1,976}{2} = 1,988 \text{ м}.$$

Розрахунок напруження у корпусі барабана:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{77656}{0,037} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Перевірка виконання умов міцності:

$$\sigma = 2,1 \text{ МПа} < [\sigma] = 10 \text{ МПа},$$

отже умова міцності виконується.

Висновок: барабан, товщиною стінки  $s_{\sigma} = 0,012 \text{ м}$ , витримає робоче навантаження.

### 5.3 Розрахунок барабана на жорсткість

Мета розрахунку: перевірити умову жорсткості для барабана сушарки, товщиною  $s_{\sigma} = 0,012 \text{ м}$ .

									ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
										44
Зм	Арк	№	Ш	і	д	п	Д	а	т	а

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.

Вихідні дані

Зовнішній діаметр барабана $D_3$ , м	2;
Довжина барабана $L$ , м	12;
Маса корпусу барабана з насадкою $m_k$ , кг	24990;
Допустимий відносний прогин барабана, $[\varepsilon]$	1/300;
Модуль пружності $E$ , МПа	$1,87 \cdot 10^5$ ;

Порядок розрахунку:

Необхідно визначити:

- 1) лінійні навантаження;
- 2) сумарний прогин від дії навантажень;
- 3) відносний прогин;

Розрахунок виконано згідно методики [9]:

Лінійне навантаження від маси матеріалу, що висушується:

$$q_1 = \frac{m_m g}{L} = \frac{4416 \cdot 9,81}{12} = 3610 \text{ Н/м.}$$

Лінійне навантаження від маси барабана:

$$q_2 = \frac{m_k \cdot g}{L} = \frac{24990 \cdot 9,81}{12} = 20430 \text{ Н/м.}$$

Розрахунок моменту інерції одиничного кільця барабана:

$$I_x = \frac{1s^3_6}{12} = \frac{1 \cdot 0,012^3}{12} = 1,44 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Розрахунок сумарного прогину від діючих навантажень:

$$y_{\max} = \frac{D_{\text{cp}}^3}{8EI_x} (0,04q_1 + 0,002q_2) = \frac{1,988^3}{8 \cdot 1,87 \cdot 10^{11} \cdot 1,44 \cdot 10^{-7}} \times$$

						ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
Зм	А р к	№	П і д п	Дата			45



Вихідні дані:

Зовнішній діаметр барабана $D_3$ , м	2;
Кількість башмаків $n_6$	12;
Реакція опори $R_{on}$ , Н	154900;
Діаметр опорного ролика $d_p$ , м	0,6;
Кут між опорними роликами $j$ , °	30;
Модуль пружності $E$ , МПа	$2 \cdot 10^5$ ;
Коефіцієнт лінійного розширення матеріалу барабана, $\alpha_t$	$12 \cdot 10^{-6}$ ;
Максимальний монтажний зазор між внутрішнім діаметром бандажа та зовнішнім діаметром башмаків $u_6$ , м	0,002;
Конструктивна добавка що компенсує відхилення, які виникають при монтажі $u_p$ , м	0,03;
Відстань між опорами $l_2$ , м	7;
Температура корпусу під бандажем $T_k$ , °С	75;
Коефіцієнт теплопровідності сталі бандажа $\lambda_6$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	50,66;
Коефіцієнт теплопровідності сталі підкладок $\lambda_{п}$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	52,3;
Коефіцієнт тепловіддачі у навколишнє середовище $\alpha_6$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	12;
Коефіцієнт концентрації напружень стикових швів $K_\sigma$	1,2;
Коефіцієнт чутливості матеріалу бандажа до асиметрії циклу $\psi_\sigma$	0,1;
Коефіцієнт впливу розмірів поперечного перерізу бандажа	0,644.
Коефіцієнт стану поверхні $\varepsilon_{п}$	0,84;
Коефіцієнт теплопровідності димових газів $\lambda_{дим.г.}$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	0,025;
Допустиме навантаження на вигин $[\sigma]_{из}$ , МПа	100;
Порядок розрахунку:	
Необхідно визначити:	

						ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
З м	А р к	№	П і д п	Д а т а			47





$$N_{02} = -\frac{Q_2}{\pi} [(\pi - \theta_2) \sin \theta_2 - (\pi - \beta) \cos \theta_2 \operatorname{tg} \beta] = 14660 \text{ Н.}$$

$$N_{03} = -\frac{Q_3}{\pi} [(\pi - \theta_3) \sin \theta_3 - (\pi - \beta) \cos \theta_3 \operatorname{tg} \beta] = 0 \text{ Н.}$$

Сумарне нормальне зусилля:

$$N_0 = \sum_0^4 N_0 = 46920 \text{ кН.}$$

На рисунку 5.8 побудована еюра навантаження бандажа вигинаючим моментом.

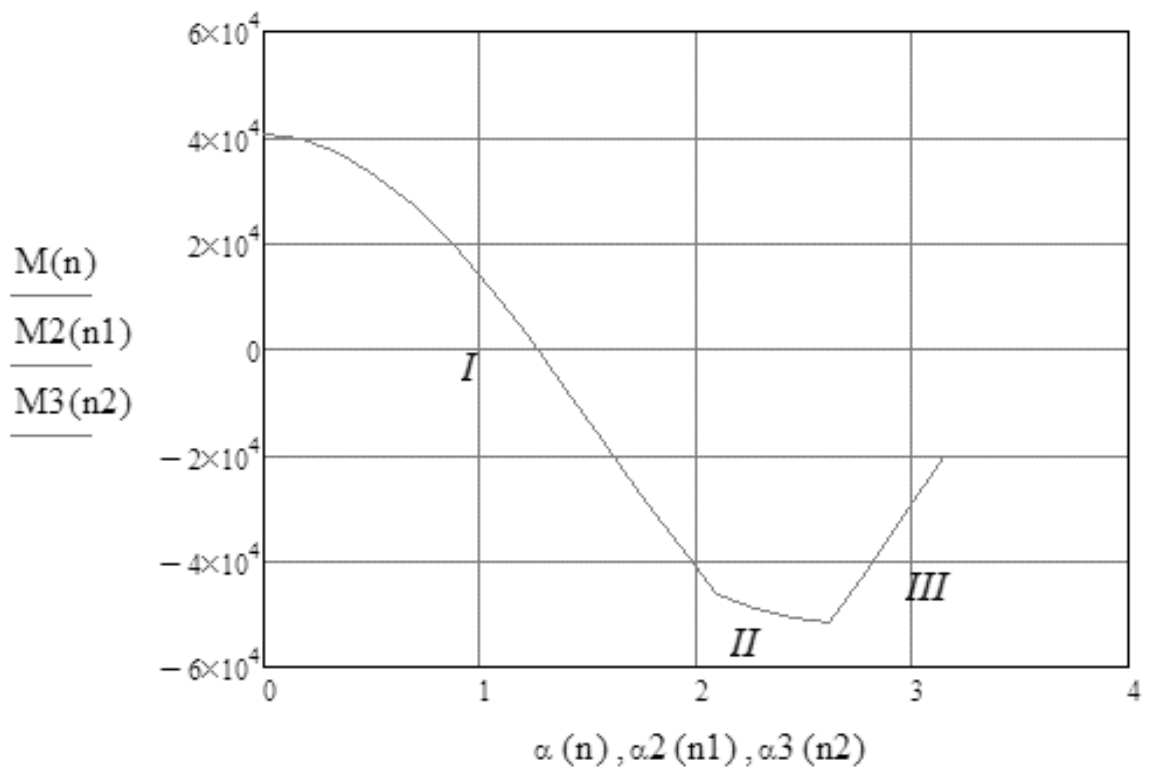


Рисунок 5.8 – Еюра навантаження бандажа вигинаючим моментом.

Розрахунок ширини бандажа:

$$b = 0,59^2 \frac{R_p E_1 E_2 2(D_{3,6} + d_p)}{[\sigma]_K^2 (E_1 + E_2) D_{3,6} d_p} = 0,59^2 \frac{89,42 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot (2,470 + 0,6)}{500^2 \cdot (2 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) \cdot (2,470 \cdot 0,6)} = 0,052 \text{ м,}$$



Контактні напруження, що виникають у матеріалі бандажа та ролика:

$$\sigma_k = 0,59 \sqrt{q_k \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \frac{2(D_{3.6} + d_p)}{D_{3.6} d_p}} =$$

$$= 0,59 \cdot \sqrt{0,526 \cdot \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5} \cdot \frac{2 \cdot (2,470 + 0,6)}{2,470 \cdot 0,6}} = 275 \text{ МПа},$$

де  $q_k$  - зусилля на одиницю довжини контакту:

$$q_k = \frac{R_p}{b} = \frac{89,42 \cdot 10^{-3}}{0,170} = 0,526 \text{ Н/м.}$$

Діаметр упорного ролика:

$$d_{y.p} = D_{3.6} \sin \frac{\beta'}{2} = 2,470 \cdot \sin \frac{17,2}{2} = 0,369 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр упорного ролика  $d_{y.p} = 0,370 \text{ м.}$

Висновок: згідно розрахунків приймаємо діаметр бандажа  $D_{3.6} = 2470 \text{ мм.}$

### 5.5 Розрахунок напруження в бандажі від дії температури

Розрахункова схема зображена на рисунках 5.6, 5.7.

Вхідні дані:

Коефіцієнт теплопровідності сталі бандажа  $\lambda_6$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) 50,66;

Коефіцієнт теплопровідності сталі підкладок  $\lambda_{11}$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) 52,3;

						ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
Зм	А р к	№	Ш і д п	Дата			52

- Коефіцієнт тепловіддачі у навколишнє середовище  $\alpha_6$ , Вт/(м<sup>2</sup>К) 12;
- Коефіцієнт концентрації напружень стикових швів  $K_\sigma$  1,2;
- Коефіцієнт чутливості матеріалу бандажа до асиметрії циклу  $\psi_\sigma$  0,1;
- Коефіцієнт впливу розмірів поперечного перерізу бандажа 0,644.
- Коефіцієнт стану поверхні  $\varepsilon_{II}$  0,84;
- Коефіцієнт теплопровідності димових газів  $\lambda_{\text{дим.г.}}$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) 0,025;
- Допустиме навантаження на вигин  $[\sigma]_{\text{вз}}$ , МПа 100;
- Розрахунок виконано згідно методики [9]:

Еквівалентний термічний опір  $\Phi_{\text{екв}}$ :

$$\Phi_{\text{екв}} = \frac{1}{\frac{0,35}{\lambda_n} + \frac{0,45}{\lambda_{\text{пов}}} + \frac{0,2}{\lambda_n + \frac{\delta_3}{\lambda_{\text{пов}}}}} = \frac{1}{\frac{0,35}{52,3} + \frac{0,45}{0,025} + \frac{0,2}{52,3 + \frac{0,003}{0,025}}} = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Симплекс  $\omega$ :

$$\omega = \sqrt{\frac{2\alpha_6}{\lambda_6 b}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12}{50,66 \cdot 0,170}} = 1,669 \text{ м}^{-1}.$$

Температура внутрішньої поверхні бандажа  $T_6^{\text{BH}}$ :

$$T_6^{\text{BH}} = \frac{T_{\text{к}} \left[ 1 + \frac{\text{th}(\omega h_6) \alpha_6}{\omega \lambda_6} \right]}{\alpha_6 \Phi_{\text{екв}} \left[ 1 + \frac{\text{th}(\omega h_6) \lambda_6 \omega}{\alpha_6} \right] + \left[ 1 + \frac{\text{th}(\omega h_6) \alpha_6}{\omega \lambda_6} \right]} =$$

$$= \frac{75 \cdot \left[ 1 + \frac{\text{th}(1,669 \cdot 0,135) \cdot 12}{1,669 \cdot 50,66} \right]}{12 \cdot 1,09 \cdot 10^{-3} \cdot \left[ 1 + \frac{\text{th}(1,669(1,669 \cdot 0,135)) \cdot 50,66 \cdot 1,669}{12} \right] + \left[ 1 + \frac{\text{th}(1,669(1,669 \cdot 0,135)) \cdot 12}{1,669 \cdot 50,66} \right]} =$$

$$= 72,64^{\circ}\text{C}.$$

Температура зовнішньої поверхні бандажа  $T_6^{\text{зовн}}$ :

$$T_6^{\text{зовн}} = \frac{T_6^{\text{вн}}}{ch(\omega h_6) + \frac{\alpha_6 sh(\omega h_6)}{\omega \lambda_6}} = \frac{72,64}{ch(1,699 \cdot 0,135) + \frac{12 \cdot sh(1,699 \cdot 0,135)}{1,699 \cdot 50,66}} = 68,67^{\circ}\text{C}.$$

Перепад температур в бандажі  $\Delta T_6$ :

$$\Delta T_6 = T_6^{\text{вн}} - T_6^{\text{зовн}} = 72,64 - 68,67 = 3,97^{\circ}\text{C}.$$

Момент опору бандажа  $W_6$ :

$$W_6 = \frac{bh_6^2}{6} = \frac{0,170 \cdot 0,135^2}{6} = 5,164 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Висновок: розрахований перепад температури в бандажі

$$\Delta T_6 = 3,97^{\circ}\text{C}$$

## 5.6 Розрахунок бандажа на виносливість

Розрахункова схема зображена на рисунках 5.6, 5.7.

Вхідні дані:

Коефіцієнт теплопровідності сталі бандажа  $\lambda_6$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) 50,66;

Коефіцієнт теплопровідності сталі підкладок  $\lambda_{\text{п}}$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) 52,3;

Коефіцієнт теплопровідності димових газів  $\lambda_{\text{дим.г.}}$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) 0,025;

Коефіцієнт тепловіддачі у навколишнє середовище  $\alpha_6$ , Вт/(м<sup>2</sup>К) 12;

						ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
З м	А р к	№	П і д п	Д а т а			54

Коефіцієнт концентрації напружень стикових швів  $K_{\sigma}$  1,2;  
 Коефіцієнт чутливості матеріалу бандажа до асиметрії циклу  $\psi_{\sigma}$  0,1;  
 Коефіцієнт стану поверхні  $\varepsilon_{\Pi}$  0,84;  
 Коефіцієнт впливу розмірів поперечного перерізу бандажа  $\varepsilon_M$  0,644.

Розрахунок виконано згідно методики [9]:

Напруження у бандажі від температурного перепаду:

на зовнішній поверхні:

$$\sigma_t^3 = \frac{\alpha_t E \Delta T_6}{2(1-\mu)} \left( \frac{1}{\ln \frac{D_{3.6}}{D_{\text{вн.6}}}} - \frac{2D_{\text{вн.6}}^2}{D_{3.6}^2 - D_{\text{вн.6}}^2} \right) = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3,97}{2 \cdot (1-0,3)} \cdot \left( \frac{1}{\ln \frac{2,470}{2,2}} - \frac{2 \cdot 2,2^2}{2,470^2 - 2,2^2} \right) = 6,537 \text{ МПа,}$$

на внутрішній поверхні:

$$\sigma_t^B = \frac{\alpha_t E \Delta T_6}{2(1-\mu)} \left( \frac{1}{\ln \frac{D_{3.6}}{D_{\text{вн.6}}}} - \frac{2D_{3.6}^2}{D_{3.6}^2 - D_{\text{вн.6}}^2} \right) = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3,97}{2 \cdot (1-0,3)} \cdot \left( \frac{1}{\ln \frac{2,470}{2,2}} - \frac{2 \cdot 2,470^2}{2,470^2 - 2,2^2} \right) = 7,061 \text{ МПа.}$$

Напруження на зовнішній поверхні бандажа середнє:

$$\sigma_m^3 = \frac{\sigma_{\max}^3 + \sigma_{\min}^3}{2} = 6,537 \text{ МПа,}$$

амплітуда напружень циклу:

$$\sigma_a^3 = \frac{\sigma_{\max}^3 - \sigma_{\min}^3}{2} = 0 \text{ МПа.}$$

Напруження на внутрішній поверхні бандажа середнє:

$$\sigma_m^B = \frac{\sigma_{\max}^B + \sigma_{\min}^B}{2} = 7,061 \text{ МПа,}$$

амплітуда напружень циклу:

$$\sigma_a^B = \frac{\sigma_{\max}^B - \sigma_{\min}^B}{2} = 0 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

на зовнішній поверхні:

$$n_{\min}^3 = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a^3 K_\sigma}{\varepsilon_M \varepsilon_\Pi} + \psi_\sigma \sigma_T^3} = 2,142,$$

на внутрішній поверхні:

$$n_{\min}^B = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a^B K_\sigma}{\varepsilon_M \varepsilon_\Pi} + \psi_\sigma \sigma_T^B} = 1,983.$$

Нормативний коефіцієнт запасу міцності:

$$[n_{\min}] = [n_1][n_2][n_3] = 6,75,$$

де  $[n_1]$  - коефіцієнт, який враховує неточність у визначенні навантажень та напружень, при середній точності  $[n_1] = 1,5$ ;

$[n_2]$  - коефіцієнт, який враховує неоднорідність матеріалу та підвищену його чутливість до недоліків механічної обробки,  $[n_2] = 3$ ;

$[n_3]$  - коефіцієнт умов роботи, який враховує ступінь відповідальності деталі, при середній ступені відповідальності деталі  $[n_3] = 1,5$ .

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			56

Оскільки виконуються наведені умови:

$$n_{\min}^3 < [n_{\min}],$$

$$2,142 < 6,75$$

$$n_{\min}^B < [n_{\min}],$$

$$1,983 < 6,75$$

то витривалість бандажа при заданому навантаженні забезпечена.

Висновок: витривалість бандажа при заданому навантаженні забезпечена.

					ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата		57

## 6 Рекомендації щодо експлуатації та монтажу апарата

При монтажі потрібно користуватися інструкцією, яка наведена в методиці [10].

Підготовка виробу до монтажу здійснюється за такими правилами:

Встановлювати апарат необхідно на спеціально спроектовані фундаменти, що забезпечують необхідне положення апарата у приміщенні.

На основі специфікацій та відомостей здійснюється забезпечення монтажних робіт допоміжними матеріалами та пристроями, що входять до складу документації проекту з підготовки робіт.

Підготовка всіх складальних одиниць повинна виконуватись на монтажному майданчику в зоні дії основних вантажопідйомних та монтажних механізмів.

Послідовність доставки обладнання на монтажний майданчик зазначена в проекті підготовки виробництва монтажних робіт.

Розміри фундаментів повинні відповідати робочим кресленням виробу.

Послідовність монтажу барабанної сушарки:

Перевірка розмірів фундаменту на відповідність робочим кресленням фундаменту.

Для можливості правильного встановлення станції перевіряється наявність реперних планок по повздовжнім та поперечним осям.

Перевірка розмірів фундаментних болтів по кресленню та фактичних розмірів заглиблень для болтів.

Змащення гайок машинним маслом, щоб їх можна було легко повернути рукою.

Гайки провертаються по різьбі.

Перевірити стан та встановити на площадці підготовки обладнання опорні станції та опорно-упорні ролики.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
З м	А р к	№	П і д п	Д а т а			58

Зачистити терпугом задирки та пошкодження, які не впливають на працездатність станції.

Встановити опорну та опорно-упорну секцію на фундамент, так щоб поперечні риси на плитах, що відмічають розташування їх осей, співпадали з відповідними рисками реперних планок, при цьому станція повинна спиратись регулювальними гвинтами, на попередньо встановлені фундаментні пластини, що розташовані в районі розташування гвинтів.

Після того, як станцію було встановлено на фундамент потрібно перейти до вивірки за висотою, нахилом та в горизонтальному положенні.

В обох станціях перевіряється з обох сторін відстань між опорними роликами та міжцентрова відстань.

Далі установку опорної станції потрібно відкоригувати, щоб відстань між опорно-упорної станції та серединами роликів були рівні відстані між серединами бандажів корпусу апарата.

В напрямку повздовжньої осі апарата створюється необхідний нахил опорно-упорної та опорної станцій регулюючим гвинтом заклинання з проектним нахилом однієї з поверхні та наступним встановлення на верхню площину клинів.

Ролики повинні бути встановлені паралельно одна одній і знаходитись на одній площині. Отже, при горизонтальному розташуванні клина, на якому знаходиться рівень буде забезпечено необхідний нахил станції.

Заливка фундаментних болтів бетонною сумішшю відбувається по завершенні установки та вивірки опорних станцій. Важливо, щоб рівень бетону не доходив до поверхні фундаменту на 35-45мм.

Коли бетон затвердів, всі гайки фундаментних болтів затягнути і знову перевірити встановлення опорних станцій за нахилом, за висотою та в горизонтальному положенні. Якщо повторні заміри підтверджують правильність установки опорних станцій, то виконати остаточну підливку фундаментів плит опорних станцій.

Після затвердіння бетону зняти опалубку і очистити від бруду

					ЛН71.066341.001 ПЗ	А р к
Зм	А р к	№	П і д п	Дата		59

поверхню опорної станції та фундаменту.

Інструкція з експлуатації апарату:

Апарати повинні забезпечувати стабільність, безпечність, надійність технологічного процесу.

Виробничі приміщення де працює барабанна сушарка повинні бути оснащені вентиляцією та світлом, як природним так і штучним.

Електрообладнання апаратів виконують відповідно до правил технічної безпеки при експлуатації та вимог технічної експлуатації електрообладнання.

Якщо температура стінок апарата перевищує 45 °С, то їх потрібно відгородити або теплоізулювати, щоб уникнути будь-яких опіків у працівників.

Складальні одиниці апарата, що рухаються необхідно закрити суцільним кожухом.

Під час ремонту апарата потрібно вимикати електропривід. На період ремонтних робіт на пульті управління та приводі встановлюються плакати з попереджувальними знаками.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш	і	Д		П
							60

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

Рівень стандартизації та уніфікації виконано згідно методики [11].

Застосування стандартів сприяє поліпшенню якості продукції, підвищенню рівня уніфікації, розвитку автоматизації виробничих процесів, взаємозамінності, росту ефективності експлуатації і ремонту виробів.

Коефіцієнт стандартизації – це відношення кількості стандартних деталей до загальної кількості усіх деталей. Для апаратів, що виготовляються згідно стандартів, коефіцієнт стандартизації рівний одиниці.

Використання уніфікації сприяє раціональному скороченню кількості об'єктів однакового функціонального призначення.

Коефіцієнт уніфікації – це відношення кількості стандартних та запозичених деталей до загальної кількості всіх деталей.

З метою зменшення витрат на обслуговування та виготовлення передбачено використання максимальної кількості уніфікованих деталей, щоб рівень уніфікації був близьким до одиниці.

Визначення коефіцієнта стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{40}{75} = 0,534,$$

де  $n_c$  - кількість стандартних деталей в апараті,  $n_c = 40$ ;  $N$  - загальна кількість деталей в апараті,  $N = 75$ .

Визначення коефіцієнта уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{40 + 19}{75} = 0,78,$$

де  $n_3$  - кількість уніфікованих деталей в апараті,  $n_3 = 19$ .

Висновок: коефіцієнт стандартизації складає 0,534; коефіцієнт уніфікації складає 0,78.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Лі	Дп	Дата		61

## 8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації барабанної сушарки

Техніко-економічне обґрунтування модернізації барабанної сушарки виконане згідно методики [12].

Удосконалення технологічних ліній та обладнання задля зниження експлуатаційних витрат і собівартості готового продукту дає змогу підвищити рівень конкурентоспроможності продукції хімічної промисловості. У проекті проводиться модернізація барабанної сушарки для сушіння цеоліту з метою підвищення ефективності його сушіння за допомогою лопаток, які дають змогу збільшити поверхню контакту висушуваного матеріалу з тепловим агентом. За результатами досліджень подано статтю в журнал.

Модернізація устаткування – це його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Підвищення ефективності використання апарата – один з головних напрямків сучасної інженерної думки. Поставлена задача вирішується тим, що в лопатках виконуються спеціальні згиби, які дають змогу краще перемішувати матеріал та збільшують площу контакту матеріалу з сушильним агентом.

Таким чином збільшується ефективність сушіння цеоліту за рахунок його кращого перемішування. Також при перемішуванні лопатки розбивають більші грудки матеріалу на більш дрібні і він стає більш сипучим, що робить продукт набагато кращим у використанні.

Із вищесказаного очевидна актуальність модернізації барабанної сушарки, що буде підтверджено відповідними розрахунками.

Модернізацію устаткування рекомендується проводити під час капітального ремонту.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			62





Коефіцієнт ефективності витрат

$$n_{Pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ei}}{K_{Hi} \cdot \alpha \beta + S_{ai}} = 1 - \frac{-4,4 + 5,2}{180 \cdot 1 \cdot 0,85 + 3} = 0,99$$

Висновок: модернізація повністю економічно виправдана, тому що у результаті розрахунків було отримано коефіцієнт ефективності витрат на роботи по модернізації обладнання 0,99.

					ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата		65

## Висновки

У дипломному проєкті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» «Модернізація барабанної сушарки установки виробництва цеоліту», розроблено нову конструкцію насадки барабанної сушарки, що дозволило покращити ефективність процесу сушіння цеоліту, збільшити поверхню контакту матеріалу, що висушується із сушильним агентом.

У результаті виконання дипломного проєкту було зроблено опис технологічного процесу; вибрано тип барабанної сушарки; обґрунтовано вибір конструкції апарата; порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами; проведено патентне дослідження, розроблено та обґрунтовано вимоги щодо пожежної безпеки та охорони праці при експлуатації барабанної сушарки. Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції – визначено основні геометричні розміри апарата, розрахунок на міцність, жорсткість, розрахунок бандажа, розрахунок напруження в бандажі від дії температури, розрахунок бандажа на зносостійкість. Розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації.

Графічна частина проєкту виконана у середовищі КОМПАС 3DV-19 і включає в себе технологічну схему виробництва цеоліту – А1, складальні креслення: барабанна сушарка – А1, корпус – А1, станція опорна – А1, ілюстрація до патенту – А3. До складальних креслень виконано специфікації.

За період виконання роботи зроблені 2 доповіді (з опублікуванням тез) на всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, а також написано статтю на міжнародну конференцію; автори: Литвин О.В., Гробовенко Я.В.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			66

## Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» «Модернизация барабанной сушилки установки производства цеолита», разработана новая конструкция насадки барабанной сушилки, что позволило улучшить эффективность сушки, увеличить поверхность контакта материала, высушивается с сушильным агентом.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано описание технологического процесса, выбран тип барабанной сушилки, обоснован выбор конструкции аппарата, сравнили основные показатели разработанной конструкции с аналогами, проведено патентное исследование, разработаны и обоснованы требования пожарной безопасности и охраны труда при эксплуатации барабанной сушилки. Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции - определены основные геометрические размеры аппарата, расчет на прочность, жесткость, расчет бандажа, расчет напряжения в бандаже от действия температуры, расчет бандажа на выносливость. Разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации, осуществлено технико-экономическое обоснование модернизации.

Графическая часть проекта выполнена в среде КОМПАС 3DV-19 и включает в себя технологическую схему производства цеолита - А1, сборочные чертежи: барабанная сушилка - А1, корпус - А1, станция опорная - А1, иллюстрация к патенту – А3. К сборочным чертежам выполнены спецификации.

За период выполнения работы сделаны 2 доклада (с опубликованием тезисов) на всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, а также написана статья на международную конференцию: авторы Литвин А.В., Гробовенко Я. В.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	И	д	д	Дата	67

## Conclusions

In the diploma project of education and qualification level "bachelor" "Modernization of the drum dryer of the plant for the production of zeolite", Developed a new design of the nozzle of the drum dryer, which allowed to increase the efficiency of drying, to increase the contact surface of the material, which is dried with the drying agent.

As a result of the diploma project was made description of the technological process, selected type of drum dryers, justified selection of the design of the device; the main indicators of the developed design are compared with the analogues; the patent research is conducted, the requirements for fire safety and occupational safety at operation of the drum dryer are developed and substantiated. The calculations that confirm the serviceability and reliability of the structure were carried out - the main geometric dimensions of the machine were determined, the strength and stiffness calculations, the tires specification, the temperature load in the tires, the tires dilution calculations. Recommendations for installation and operation were developed, the level of standardization and unification was determined and technical and economic assessment of modernization was carried out.

Graphical part of the project was designed in the KOMPAS 3DV-19 environment and includes the technological scheme of zeolite production - A1, folding chairs: tumbler drier - A1, frame - A1, station bearing - A1, patent's illustration – A3. Specifications for drawings were made.

During the execution of the work 2 reports were made (with the publication of theses) at the Ukrainian Scientific and Practical Conference of students, graduate students and young scientists and an article was written for the international conference; authors: Oleksandr Lytvyn, Yaroslav Grobovenko.

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>	А р к
<i>З м</i>	<i>А р к</i>	<i>№</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а т а</i>		68

## Перелік посилань

1. <http://pomol.club.com.ua/blog/?p=5651>
2. Патент № RU 202932 U1, F26B 11/04. Барабанна сушарка / Голованчиков А.Б., Шурак А.А., Меренцов Н.А., Пересипкін В.С., Харланов Н.В. – Опубл. 15.03.2021, Бюл. №8.
3. Патент № UA 146324 U, F26B 3/06. Барабанна сушарка / Шаповалов Ю.А., Семенов М.М., Соломонюк Д.М., Проскурін А.Ю. – Опубл. 10.02.2021, Бюл. № 6.
4. Патент № RU 203170 U1, F26B 17/26. Пристрій для сушіння зерна / Хусаинов Р.Р., Аипов Р.С. – Опубл. 24.03.2021, Бюл. №9.
5. Патент № CN 112414042 A, F26B 11/04. Барабанна сушарка / Цзиньчен Го. – Опубл. 26.02.2021, Бюл. №9.
6. Патент № 2133020688 U, F26B 11/04. Барабанна сушарка / Лю Цзиньвэнь. – Опубл. 20.04.2021, Бюл. №8.
7. Основи охорони праці: Підручник. 21е видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448 с.
8. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / Иоффе И. Л.. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
9. Михалев М.Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств / Михалев М.Ф.. – Л.: Машиностроение, 1984.- 301с.
10. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 6131ГО. Аппараты с вращающимися барабанами.
11. РД 50-33-80. Определение уровня унификации и стандартизации
12. Задольський А.М., Шаповаленко О.О. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів ( для студентів інженерно – хімічного факультету). Навчальне видання. – К.: НТУУ «КПІ». 2010. – 15с

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			69

13.Требования к оформлению графической документации. Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов /Сост. В.Н. Марчевский. – 1989.

14.Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3 т. Т.3. – М.: Машиностроение, 2001. – 864с.

15.Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньокваліфікаційного рівня «Бакалавр». [Електронний ресурс]: для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад., А.Р. Степанюк, К.О. Гатілов,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. - 64 с.

16.Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. І.А. Андреев, О.Г. Зубрій, І.О. Мікульонок,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 1999. - 148 с.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	П і д п	Дата			70

**Додаток А**

**Таблиця ідентифікаторів, блок-схема розрахунку, програма  
розрахунку основних геометричних розмірів барабанної сушарки**

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№</i>	<i>Ш і д п</i>	<i>Дата</i>		71

Таблиця ідентифікаторів до програми параметричного розрахунку наведена в таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Ідентифікатори програми.

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Позначення	Ідентифікатор
Витрати матеріалу	кг/с	$G$	$G$
Вологість матеріалу початкова	%	$\omega_1$	$\omega_1$
Вологість матеріалу кінцева	%	$\omega_2$	$\omega_2$
Температура матеріалу початкова	°С	$t_{m1}$	$t_{m1}$
Температура матеріалу кінцева	°С	$t_{m2}$	$t_{m2}$
Температура сушильного агента початкова	°С	$t_1$	$t_1$
Температура сушильного агента кінцева	°С	$t_2$	$t_2$
Витрати теплоти	кДж/кг	$q_{втр}$	$q_v$
Теплота пароутворення	кДж/кг	$r$	$r$

Блок-схема алгоритму програми параметричного розрахунку барабанної сушарки наведена на рисунку А.1.



## 1. Матеріальний баланс

$$W := \frac{G \cdot (w1 - w2)}{100 - w1} = 0.128 \quad \text{Кількість вологи, що випаровується}$$

$$G1 := G + W = 0.728 \quad \text{Кількість вихідного вологого матеріалу}$$

$$x0 := 0.622 \cdot p \cdot \frac{f}{B - p \cdot f} = 4.812 \times 10^{-3} \quad \text{Вологовміст димових газів}$$

$$I0 := (c1 + c2 \cdot x0) \cdot t0 + r0 \cdot x0 = 18.776 \quad \text{Ентальпія димових із навколишнього середовища}$$

$$I1 := (c1 + c2 \cdot x0) \cdot t1 + r0 \cdot x0 = 521.737 \quad \text{Ентальпія димових газів на вході в сушарку}$$

$$qm := G \cdot c3 \cdot \frac{tm2 - tm1}{G1} = 66.004 \quad \text{Питомі витрати теплоти на нагрівання матеріалу}$$

Змінення потенціалу димових газів відносно вологи, що випарувалась

$$d := 4.19 \cdot tm1 - (qm + qv) = -94.774$$

Ентальпія пари при кінцевій температурі димових газів, що виходять із сушарки

$$Ipk := r0 + c2 \cdot t2 = 2.71 \times 10^3$$

Ентальпія димових газів на виході із сушарки

$$I2 := \frac{c1 \cdot t2 \cdot d + Ipk \cdot (x0 \cdot d - I1)}{d - Ipk} = 508.3$$

Кінцевий вологовміст димових газів на виході із сушарки

$$xk := \frac{I2 - I1}{d} + x0 = 0.147$$

Витрати димових газів

$$L := \frac{x0}{xk - x0} = 0.034$$

Витрати теплоти в калорифері

$$Q_{kal} := L \cdot (I1 - I0) = 17.072$$

Витрати грюючого пара на нагрів димових газів в калорифері

$$G_{gp} := \frac{Q_{kal}}{r} = 7.864 \times 10^{-3}$$

Зм	Арк	№	Лі	Дата

ЛН71.066341.001 ПЗ

Арк  
74



**Додаток Б**

**Документація до патентного дослідження**

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№</i>	<i>Ш і д п</i>	<i>Дата</i>		76

Додаток А. Патентний пошук

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ №ЛН71.1.ДП

Найменування теми Барабанаа сушарка шифр теми ЛН71.066341.001

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН71.10.04.2021

Обґрунтування регламенту пошуку:

**Предмет пошуку** – 1) барабанна сушарка; 2) тип і конструкція насадки (Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі).

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо барабанної сушарки (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в технці)

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, Сполучені Штати Америки.

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, регламент пошуку встановлюємо такий: 2019–2021 рр.

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація: МПК - F28D 1/00, F28D 1/053, F28D 7/00, F28F 1/42, F28F 9/00, F28F 9/02, F28F 9/12, F28F 13/00

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту та Роспатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології сушіння, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 10.04.2021

Закінчення пошуку 22.04.2021

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш і д п	Дата			77



ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71.066341 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71.066341,  
10.04.2021.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:  
ЛН71.066341, 10.04.2021.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71.066341, 10.04.2021.

Початок пошуку: 10.04.2021 Закінчення пошуку: 22.04.2021

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№	Лі	Дп		Дата



**Додаток В**

**Патенти, які використовувались в патентному дослідженні**

Зм	Арк	№	П і д п	Дата		Арк
					ЛН71.066341.001 ПЗ	81

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*F26B 11/04 (2020.08)*

(21)(22) Заявка: 2020136669, 09.11.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.11.2020

Дата регистрации:  
15.03.2021

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 09.11.2020

(45) Опубликовано: 15.03.2021 Бюл. № 8

Адрес для переписки:  
400005, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-  
кт им. В.И.Ленина, 28, Кузьмину С.В.

(72) Автор(ы):  
Голованчиков Александр Борисович (RU),  
Шурак Антон Анатольевич (RU),  
Меренцов Николай Анатольевич (RU),  
Пересыпкин Вадим Сергеевич (RU),  
Харланов Никита Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Волгоградский  
государственный технический университет"  
(ВолГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2182295 C1, 10.05.2002. RU  
2244229 C1, 10.01.2005. SU 892156 A1, 23.12.1981.  
SU 1118837 A1, 15.10.1984. SU 146701 A1,  
01.01.1962. SU 418700 A1, 05.03.1974. CN  
201242335 Y, 20.05.2009.

(54) Барабанная сушилка

(57) Реферат:

Барабанная сушилка предназначена для сушки сильно мажущих материалов и может найти применение в химической, нефтехимической, фармацевтической, строительной, лакокрасочной и других отраслях промышленности, а также в экологических процессах переработки твердообразных вязко-пластичных отходов с повышенной адгезией высушиваемого материала к твердым поверхностям. Барабанная сушилка с отводом продукта и теплоносителя содержит приводимый во вращение барабан, находящийся под углом наклона к горизонту  $\alpha$ , с ситом в виде

перфорированной обечайки, где размер перфораций меньше характерного размера частиц используемого для сушки продукта, на концах которого находятся подводящий и отводящий патрубки для теплоносителя, причем обечайка выполнена конической и установлена в зоне загрузки влажного материала, при этом длина обечайки  $l=0,35..0,4L$ , где  $l$  – длина конической перфорированной обечайки, м;  $L$  – длина барабана, м; и углом конусности  $\beta=10..15^\circ$ . Техническим результатом является увеличение производительности. 1 ил.

RU 202932 U1

RU 202932 U1

ЛН71.066341.001 ПЗ

А р к

82



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11)

**203 170** (13) **U1**

(51) МПК  
*A23B 9/08* (2006.01)  
*F26B 17/26* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*A23B 9/08* (2021.02); *F26B 17/26* (2021.02)

(21)(22) Заявка: **2020137955**, 18.11.2020  
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**18.11.2020**  
Дата регистрации:  
**24.03.2021**  
Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: **18.11.2020**  
(45) Опубликовано: **24.03.2021** Бюл. № 9  
Адрес для переписки:  
**450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34,  
ФГБОУ ВО Башкирский государственный  
аграрный университет, НИЧ**

(72) Автор(ы):  
**Хусайнов Родион Робертович (RU),  
Аипов Рустам Сагитович (RU)**  
(73) Патентообладатель(и):  
**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Башкирский государственный  
аграрный университет" (RU)**  
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: **RU 181622 U1, 19.07.2018. RU 2672409  
C1, 14.11.2018. RU 176501 U1, 22.01.2018. RU  
177977 U1, 19.03.2018. CN 108826934 A,  
16.11.2018. CN 205284858 U, 08.06.2016.**

(54) Устройство для сушки зерна  
(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к устройствам для сушки зерна. Устройство содержит кожух, загрузочный бункер, выгрузное окно, нагревательные элементы, вентилятор, воздуховод, транспортирующий рабочий орган, выполненный в виде многосекционного короба со ступенчатой поверхностью, причем секции расположены последовательно друг за другом, между секциями установлена скатная доска, с нижней стороны скатной доски установлен воздуховод. Верхняя часть кожуха, находящаяся над скатной доской,

и поверхность скатной доски выполнены перфорированными, многосекционный транспортирующий рабочий орган с возможностью сообщения ему колебаний приводом. Привод выполнен в виде цилиндрического линейного асинхронного двигателя, снабженного блоком управления, причем ротор двигателя подвижно соединен с рабочим органом, а статор установлен подвижно в кожухе, на роторе между рабочим органом и статором установлен упругий элемент в виде цилиндрической пружины сжатия.

203170 U1

RU 203170 U1

Зм	Арк	№	И д п	Дата

ЛН71.066341.001 ПЗ

Арк  
84



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112414042 A

(43) 申请公布日 2021. 02. 26

(21) 申请号 202011474005.X

B01D 46/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.15

B01D 46/04 (2006.01)

B08B 5/04 (2006.01)

(71) 申请人 广州凯能电器科技有限公司

地址 510800 广东省广州市花都区南阳庄  
四街4号2栋101房(空港花都)

(72) 发明人 吴金城 郭家锋 吴汉城 吴岸威

(74) 专利代理机构 广州中浚雄杰知识产权代理  
有限责任公司 44254

代理人 李肇伟

(51) Int. Cl.

F26B 11/04 (2006.01)

F26B 21/00 (2006.01)

F26B 21/04 (2006.01)

F26B 21/08 (2006.01)

F26B 25/00 (2006.01)

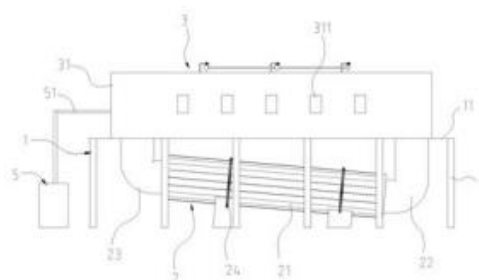
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种滚筒烘干机

(57) 摘要

一种滚筒烘干机,包括机架、热泵主机、脉冲除尘系统和滚筒烤箱,机架包括承载平台和支撑柱,热泵主机设在承载平台上,承载平台的下方形成容置空间,滚筒烤箱设在容置空间内;滚筒烤箱包括圆柱型的旋转筒、驱动旋转筒旋转的驱动机构、设在旋转筒一端的进风连接管和设在旋转筒另一端的出风连接管,旋转筒呈倾斜设置,旋转筒的低端通过进风连接管与外箱体的出风腔室连通,旋转筒的高端通过出风连接管与外箱体的回风腔室连通,旋转筒的外壁设有保温层,旋转筒的内壁设有翻炒片。本发明热泵主机、脉冲除尘系统和滚筒烤箱的布局合理,上下布局不但能减少占地面积,而且处于下方的滚筒烤箱方便人员操作。



4042 A



**Додаток Г**

**Публікації автора**

					<i>ЛН71.066341.001 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№</i>	<i>П і д п</i>	<i>Дата</i>		87

## Публікації

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних  
виробництв

**Литвина Олександра В'ячеславовича**

1. Oleksandr Lytvyn MODERNIZATION OF A DRUM DRYER UNIT FOR DRYING ZEOLITE / Oleksandr Lytvyn, Yaroslav Grobovenko // Збірник тез доповідей XXVIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ". – 2021. – с.32-34.

2. Oleksandr Lytvyn DRUM DRYER DESIGN MODERNIZATION / Oleksandr Lytvyn, Yaroslav Grobovenko // Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ". – 2020. – с. 16-19.

3. O Lytvyn. Mathematical modeling of the zeolite drying process [Електронний ресурс] / O. Lytvyn, Y. Grobovenko // Вестник. Наука и практика. – 2021.

						ЛН71.066341.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№	Ш	і	д	Дата	88