

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ**

Кафедра технології захисту навколишнього середовища і деревини та  
безпеки життєдіяльності

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи бакалавра на тему:

“Проект сушильного цеху для ФОП Феляк О.П.”

**Студента** групи ДТ-41

Спеціальність 187

«Деревообробні та меблеві  
технології»

Олійник С.С.

**Керівник:** Андрашек Й.В.

**Рецензент:**

**Львів 2025**

Згідно з формою №Н-9.02  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року №384

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут	деревообробних технологій і дизайну
Кафедра	технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності
Освітній ступінь	бакалавр
Спеціальність	G14 (187) «Деревообробні та меблеві технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД  
проф. Кшивецький Б. Я.

“21” 02 2025 року


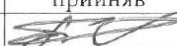


ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Олійнику Степану Степановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи “Проект сушильного цеху для ФОП Феляк О.П.”  
керівник роботи Андрашек Йосип Володимирович, канд. техн. наук, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом по університету від “21” лютого 2025 року № С-124
- Строк подання студентом роботи до 10 червня 2025
- Вихідні дані до роботи Проектом передбачити використання сучасних високотехнологічних сушильних камер з системою автоматичного керування сушильним процесом. Максимальну увагу приділити питанням енергозбереження.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
  - Загальний розділ;
  - Проектно-технологічний розділ;
  - Охорона праці;
  - Економічний розділ;
  - Висновки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
  - Генплан підприємства;
  - Загальний вигляд камери;
  - Структурна схема автоматики;
  - Теплопостачання камери;
  - Техніко-економічні показники.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	доц. Сомар Г.В.		
Економічний розділ	доц. Наливайко Н.Я.		

7. Дата видачі завдання 26 лютого 2025 рокуКерівник проекту  доц. Андрашек Й.В.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загальний розділ	до 25.03.2025	
2.	Проектно-технологічний розділ	до 10.05.2025	
3.	Охорона праці	до 20.05.2025	
4.	Економічний розділ	до 05.06.2025	
5.	Оформлення бакалаврської роботи	до 10.06.2025	

Студент

 Олійник С.С.Керівник проекту  доц. Андрашек Й.В.

## АНОТАЦІЯ

до дипломної бакалаврської роботи на тему:

“Проект сушильного цеху для ФОП Феляк О.П.”

“The project of a drying shop for individual entrepreneur Felyak O.P.”

У межах дипломної роботи розроблено проєкт сушильного цеху, з урахуванням специфіки технологічного процесу виготовлення дерев'яних виробів на конкретному підприємстві. Враховуючи вартісну політику та вимоги до якості сушіння яסенових пиломатеріалів, у проєкті технічно й економічно обґрунтовано доцільність використання конвективної сушильної камери. За сукупністю технічних характеристик обрано модель SK-78 виробництва компанії **Hamech**

У пояснювальній записці виконано основні виробничо-технологічні розрахунки, що дозволяють визначити потрібну кількість камер SK-78 для забезпечення заданих обсягів сушіння необрізного та обрізного ясеня відповідно до потужностей підприємства. В аналітичному розділі окремо розглянуто аргументи на користь вибору саме цієї моделі сушильного обладнання, серед яких – наявність представництва **Hamech** в Україні, що гарантує оперативне сервісне обслуговування та надійність в експлуатації.

Теплотехнічний розділ включає обчислення енергоспоживання, необхідного для процесів нагрівання та сушіння, а також враховує тепловтрати через конструкційні елементи камери. На підставі отриманих даних виконано підбір пластинчастих теплообмінників (калориферів), визначено їх конструкцію, розміри та кількість для забезпечення розрахункової теплової потужності. Окрім цього, спроектовано систему теплового розподілу з вибором циркуляційної помпи, трьохходового регулювального клапана та комплекту необхідної запірної арматури. Проведено розрахунок річної потреби у деревних відходах, які використовуються як паливо для котла, здатного працювати з сировиною будь-якої вологості.

Аеродинамічний розділ містить розрахунки об'єму повітряного потоку (сушильного агента), визначення швидкості його переміщення у різних зонах камери та аналіз аеродинамічного опору. На основі результатів розрахунків підібрано реверсивні осьові вентилятори, визначено їхню кількість та потужність електроприводів для забезпечення рівномірної циркуляції повітря.

Розділ, присвячений охороні праці, містить оцінку техніки безпеки, умов праці та санітарно-гігієнічного стану робочих зон. Розроблено перелік заходів щодо забезпечення безпечної експлуатації обладнання, протипожежного захисту та екологічної безпеки. Зокрема, проаналізовано характер викидів сушильних камер і котельного обладнання та запропоновано рішення для зниження негативного впливу на довкілля.

В економічній частині проєкту здійснено розрахунок собівартості сушіння деревини з урахуванням витрат на енергоресурси, заробітну плату основного та допоміжного персоналу, витрат на охорону праці, амортизацію й обслуговування обладнання. Визначено розмір податкових відрахувань і плановий прибуток. Рівень заробітної плати працівників встановлено на рівні, що перевищує середній показник по галузі.

У завершальній частині роботи наведено висновки щодо ефективності впровадження запропонованого проєкту у виробництво.

## ANOTATION

### **“The project of a drying shop for individual entrepreneur Felyak O.P.**

As part of the diploma project, a design for a drying workshop was developed, taking into account the specifics of the technological process of manufacturing wooden products at a particular enterprise. Considering the cost policy and the quality requirements for drying ash lumber, the project provides a technical and economic justification for the use of a convective drying chamber. Based on a combination of technical characteristics, the SK-78 model manufactured by Hamech was selected.

The explanatory note includes key production and technological calculations that determine the required number of SK-78 chambers to ensure the specified volumes of drying unedged and edged ash lumber in accordance with the enterprise's capacity. The analytical section presents arguments in favor of choosing this specific model of drying equipment, including the presence of a Hamech representative office in Ukraine, which ensures prompt service and operational reliability.

The thermotechnical section includes calculations of energy consumption required for heating and drying processes, as well as accounts for heat losses through the structural elements of the chamber. Based on the obtained data, plate heat exchangers (calorifers) were selected, and their design, dimensions, and quantity were determined to ensure the calculated thermal capacity. In addition, a heat distribution system was designed, including the selection of a circulation pump, a three-way control valve, and a set of necessary shut-off valves. The annual requirement for wood waste, used as fuel for the boiler capable of operating with raw material of any moisture content, was also calculated.

The aerodynamic section contains calculations of the airflow volume (drying agent), determination of its movement speed in different zones of the chamber, and analysis of aerodynamic resistance. Based on the calculation results, reversible axial fans were

selected, and their quantity and drive power were determined to ensure uniform air circulation.

The occupational safety section includes an assessment of safety measures, working conditions, and the sanitary and hygienic state of the work areas. A list of measures was developed to ensure the safe operation of equipment, fire protection, and environmental safety. In particular, the nature of emissions from the drying chambers and boiler equipment was analyzed, and solutions were proposed to reduce their negative environmental impact.

In the economic part of the project, the cost of wood drying was calculated, taking into account expenses for energy resources, wages of primary and auxiliary personnel, occupational safety costs, equipment depreciation, and maintenance. The amount of tax deductions and planned profit was determined. The wage level of workers was set above the industry average.

The final section of the project presents conclusions regarding the effectiveness of implementing the proposed design in production.

## **З М І С Т**

<i>Вступ</i>	9
<i>1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ</i>	
<i>1.1 Характеристика підприємства та його продукції</i>	10
<i>1.2 Загальний опис теперішньої ситуації на підприємстві, та можливі шляхи її покращення</i>	13
<i>2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	
<i>2.1 Технологічний розрахунок</i>	17
<i>2.2 Тепловий розрахунок</i>	27
<i>2.3 Аеродинамічний розрахунок</i>	44
<i>2.4. Розрахунок транспортного обладнання</i>	48
<i>2.5. Розрахунок кількості електроенергії</i>	49
<i>2.6. Визначення витрат води</i>	53
<i>2.7. Зведена відомість необхідної кількості обладнання сушильної ділянки</i>	54
<i>2.8. Технологія сушіння пиломатеріалів в камері</i>	56
<i>3. ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	
<i>3.1. Характеристика робочого простору</i>	60
<i>3.1.1. Загальна характеристика місця праці.</i>	60
<i>3.1.2. Характеристика факторів виробничого процесу та умов праці</i>	62
<i>3.2. Охорона навколишнього природного середовища</i>	65
<i>4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	67
<i>Висновки</i>	75
<i>Список використаної літератури</i>	76
<i>Додатки</i>	78

## Вступ

Конвективне сушіння є одним із найбільш поширених методів сушки деревини, завдяки своїй ефективності та можливості контролювати процес сушіння. Конвективні сушарки працюють на принципі передачі тепла через потік повітря, яке прогрівається в спеціальних обігрівачах та циркулює навколо оброблюваних матеріалів. Це дозволяє поступово видаляти вологу з деревини, що є важливим для збереження її структури, механічних властивостей і запобігання деформаціям. Принцип роботи конвективної сушарки базується на процесі теплообміну між повітрям і поверхнею деревини. Тепле повітря, яке проходить через камеру сушіння, поглинає вологу з поверхні матеріалу, після чого вологе повітря виводиться через вентиляційні системи. Такий процес дозволяє досягти рівномірного сушіння без перегріву деревини, що може призвести до тріщин або розтріскування матеріалу. Для забезпечення ефективності цього процесу важливо правильно регулювати температуру та вологість повітря, а також швидкість його циркуляції в сушильній камері. Однією з головних переваг конвективних сушарок є їхня енергоефективність. При правильному налаштуванні температури та вологості повітря, такі сушарки можуть значно знизити енергетичні витрати в порівнянні з іншими методами сушіння, такими як вакуумне сушіння чи сушіння струмом високої частоти. Крім того, конвективні сушарки можуть бути адаптовані для роботи з різними типами деревини, що дозволяє використовувати їх у різноманітних виробничих умовах.

Завдяки своїй простоті в конструкції та ефективності, конвективні сушарки є широко використовуваними в деревообробній промисловості, де важливо не лише швидко сушити деревину, а й зберігати її природні властивості. Цей процес має важливе значення для виробництва меблів, будівельних матеріалів, а також для виготовлення декоративних елементів з деревини, де точність і якість сушіння мають вирішальне значення.

## 1.ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Характеристика підприємства та його продукції

Моїм завданням на цю дипломну роботу, є побудова проєкту конвективної сушильної камери для фірми ФОП Феляк О.П. Дане підприємство розташоване у Львові, головний напрямок виробництва - це термодеревина.

Термодеревина — це матеріал, який отримується шляхом термічної обробки деревини в умовах обмеженого доступу кисню при високих температурах. Цей процес називається термодеревообробкою або термообробкою деревини. Термодеревина є особливо цінним матеріалом у будівництві та меблевому виробництві завдяки своїм покращеним властивостям, зокрема стійкості до вологи, температурних коливань та біологічних впливів.

#### **Процес термообробки деревини:**

Процес термообробки деревини відбувається в спеціальних сушарках – автоклавах, за температури від 160 до 230 °С, що сприяє змінам у хімічній структурі деревини. Під час цього процесу деревина нагрівається без прямого контакту з киснем (у середовищі, де вміст кисню значно знижений), що дозволяє уникнути її горіння. У результаті термічної обробки деревина зазнає таких змін:

- Зниження вмісту води, що робить матеріал менш вразливим до гниття та грибків.
- Підвищення стабільності матеріалу до змін температури та вологості, що дозволяє зменшити його здатність до розбухання або деформації.
- Покращення механічних властивостей деревини, таких як твердість та міцність.
- Зміна кольору деревини, що робить її естетично привабливою.

### **Переваги термодеревини:**

1. **Стійкість до вологи та гниття.** Завдяки термообробці деревина стає більш стійкою до впливу вологи, що робить її менш схильною до гниття та розкладу. Це особливо корисно в умовах, де матеріал піддається частим коливанням вологості (наприклад, у зовнішньому оздобленні будівель).
2. **Зменшення схильності до деформацій.** Термодеревина має менше схильності до тріщин, розбухання або скорочення через зміни вологості та температури порівняно з традиційною деревиною. Це забезпечує стабільність розмірів і форми виробів з термодеревини.
3. **Підвищена біостійкість.** Термодеревина менш піддається впливу біологічних агентів, таких як грибки, бактерії та комахи. Це дозволяє використовувати її в умовах підвищеної вологості або у зовнішніх конструкціях без необхідності застосування хімічних консервантів.
4. **Екологічність.** Оскільки термообробка не передбачає використання хімічних речовин, процес є екологічно безпечним і не завдає шкоди навколишньому середовищу.
5. **Поліпшення естетичних характеристик.** Внаслідок термічної обробки деревина набуває характерного темного кольору, що надає їй привабливий вигляд, особливо для використання в інтер'єрі та декоративних виробках.

### **Недоліки термодеревини:**

1. **Зменшення механічних властивостей при екстремальних температурах.** Хоча термодеревина в цілому має покращені властивості, при дуже високих температурах може знижуватися її міцність на розтягнення та злам.
2. **Вищі витрати на обробку.** Процес термообробки деревини є енергозатратним і потребує спеціального обладнання, що може збільшити собівартість кінцевого продукту.

## **Застосування термодеревини:**

Термодеревина використовується у багатьох галузях, зокрема:

- **Будівництво.** Термодеревина застосовується для виготовлення підлогових покриттів, обшивки стін, фасадів, дверей та вікон.
- **Меблеве виробництво.** Використовується для виготовлення меблів, сходів, декоративних елементів.
- **Ландшафтний дизайн.** Термодеревина може застосовуватись для створення ландшафтних елементів, таких як паркани, мостики, альтанки.
- **Суднобудування та зовнішні конструкції.** Завдяки своїй стійкості до вологи, термодеревина широко використовується у виготовленні конструкцій, що працюють в умовах підвищеної вологості, наприклад, у суднобудуванні.

Таким чином, термодеревина є перспективним матеріалом, який має великий потенціал для використання в різних сферах завдяки своїм унікальним властивостям, що робить її зручним і довговічним матеріалом для будівництва та виробництва.

## 1.2 Загальний опис теперішньої ситуації на підприємстві, та можливі шляхи її покращення

Попри те, що ФОП Феляк О.П. (торгова марка “Long life wood”) спеціалізується на термодеревині, яку висушують у , так званих, автоклавах, для подальшого розширення та росту, підприємство потребує також конвективних сушарок.

Річним завданням по сушінню є 450м<sup>3</sup> дощок з деревини ясена, товщиною 30мм, довжиною 3м, та шириною 150 мм. Та 650м<sup>3</sup> таких ж ясенових дощок тільки не обрізних, тобто, ширина таких дощок є довільною.

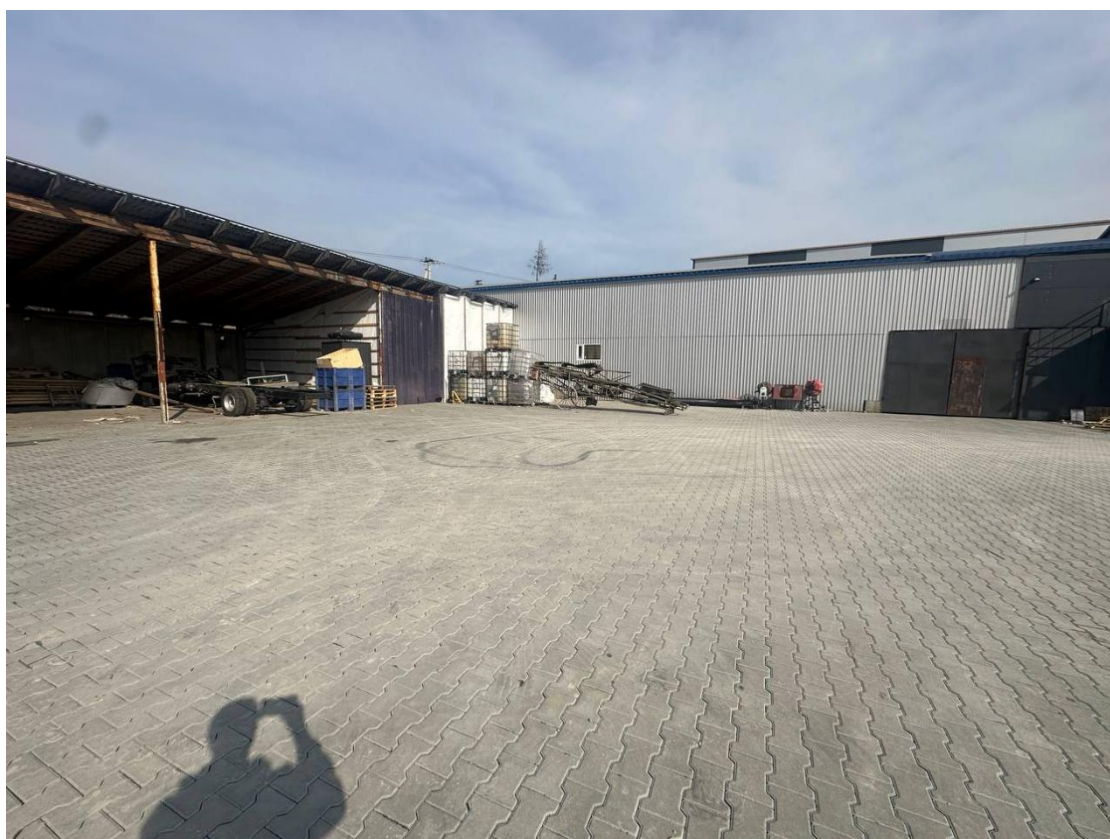


Проходивши практику на даному підприємстві я помітив, що єдина конвективна сушка розташована на ньому, перебуває не у найкращому стані. Обладнання застаріле, що може спричинити некоректне сушіння, отже кінцевий результат з великою кількістю браку.





Тому на фірмі вже є підготовлена площадка для подальшого будівництва сушильних камер.



Для виконання річного плану обрано конвективну сушарку фірми **НАМЕСН**, модель SK-78.

Обираю камеру я опираючись, в першу чергу, на розміри пиломатеріалів які потрібно висушити.

Оскільки ми працюємо із дошками довжиною 3м. я обрав камеру в якій за шириною поміститься два штабеля сушильного матеріалу.

Щоб визначити потрібну кількість камер та потужність обладнання, для виконання річного плану я провів:

- *Технологічний розрахунок*
- *Тепловий розрахунок*
- *Аеродинамічний розрахунок*

## 2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний розрахунок

#### 2.1.1 Вибір конвективної сушильної камери.

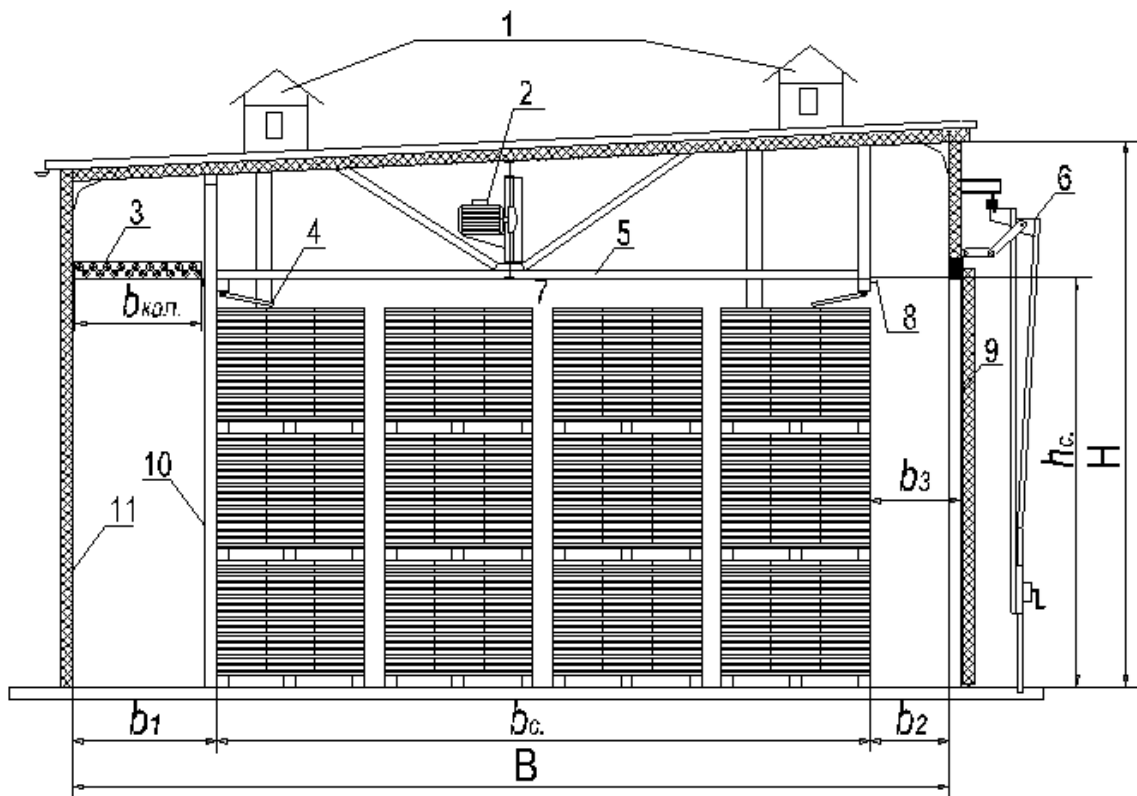
Сушильна камера конвективного типу SK-78 від компанії **Hamech** є сучасним технічним рішенням, яке поєднує високопродуктивне теплогенерувальне та повітроциркуляційне обладнання з надійною автоматизованою системою керування процесом сушіння. Конструктивні елементи камери — зокрема стіни, стеля та двері — виготовлені з профільованого алюмінію, що забезпечує підвищену стійкість до корозії протягом усього терміну експлуатації.

Теплоізоляційні роботи виконані із застосуванням структурованої мінеральної вати, яка виключає ризик осипання при тривалому використанні. Шар утеплення має товщину 150 мм для стелі та стін. Такий підхід до конструкції дозволяє значно зменшити теплові втрати, що позитивно впливає на енергоефективність і знижує загальну собівартість процесу сушіння.

З погляду технологічної організації внутрішнього простору, камера поділена на два рівні за допомогою полегшеного алюмінієвого перекриття (так званої фальшстелі). У верхній зоні, над перекриттям, розміщується основне технологічне обладнання — вентилятори, повітропроводи для подачі та відведення повітря, зволожувальні форсунки та калорифери. Нижче, у робочому просторі камери, розташовується деревина, що підлягає сушінню, а також датчики, які відстежують температуру та вологість деревини як в рівноважному стані, так і в процесі сушіння.

Поперечне компонування конвективної сушильної камери типу **СК** ілюстровано на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1. Поперечний перетин конвективної сушильної камери



До основних елементів конструкції конвективної сушильної камери відносяться:

- корпус камери;
- відсувні двері;
- калорифери теплової системи;
- вентилятори;
- припливно-витяжні канали;
- система зволоження сушильного агента;
- тепла гребінка;
- система автоматичного контролю і управління.

Технічна характеристика конвективної сушильної камери – **Hamech SK-78****Таблиця 2.1**

№ п/п	Назва показників	Одиниці виміру	Значення
1.	Габаритні розміри сушильної камери: -ширина -глибина (довжина) -висота	м м м	6,73 7,24 5,61
2.	Внутрішні розміри сушильної камери: -ширина -глибина (довжина) -висота	м м м	6,50 7 4,1
3.	Розміри штабеля: -ширина -довжина -висота	м м м	1,1 3 1,3
4.	Об'єм завантажуваного матеріалу	м <sup>3</sup>	86,2
5.	Осьові вентилятори -діаметр вентилятора -кількість -потужність електродвигуна	мм шт. кВт	800 5 3
6.	Встановлена теплова потужність	кВт	360
7.	Встановлена електрична потужність	кВт	16,2
8.	Система автоматичного контролю і управління	-	MMSD 305

### 2.1.2 Вибір режиму сушіння

Режимом сушіння називають зміну параметрів сушильного агента ( $t, \varphi$ )

або ( $t, W_p$ ) залежно від породи і розмірів пилопродукції та зміни біжучої

вологості деревини в процесі сушіння.

Режими сушіння пиломатеріалів і заготовок згідно заданої специфікації

**Таблиця 2.2**

№	Порода	озміри матеріалу, м			Початкова вологість, %	Кінцева вологість, %	Режимні параметри на початку сушіння			Режимні параметри при закінченні сушіння		
		S1	S2	L			$t_n, ^\circ\text{C}$	$\Phi_n, \%$	$W_{p.n.}, \%$	$t_k, ^\circ\text{C}$	$\Phi_k, \%$	$W_{p.k.}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ясен	30	150	3000	45	8	30	80	16	62	22	4,5
2	Ясен	30	---	3000	45	8	30	80	16	62	22	4,5
4	умов.мат.	40	150	2000	60	12	55	74	14	65	25	3,5

### 2.1.3. Визначення тривалості сушіння

Тривалість сушіння пилопродукції визначаємо за виразом:

$$\tau_{c.} = \tau_{вих.} \cdot A_n \cdot A_{t_1} \cdot A_{t_2} \cdot A_{к.с.} \cdot A_v \cdot A_{в.п.} \cdot A_{к.в.}, год$$

де:  $\tau_{вих.}$  вихідна тривалість сушіння хвойних пиломатеріалів заданої товщини від початкової вологості до кінцевої вологості 8% при початковій температурі сушильного агента 70°C і кінцевій температурі 80°C [19].  
Визначається в залежності від товщини і початкової вологості висушуваного матеріалу.

За аналогічною методикою визначається тривалість сушіння умовного матеріалу. В якості умовного матеріалу прийнято соснові обрізні дошки товщиною 40 мм, шириною 150 мм, довжиною більше 1 м, які висушуються нормальним режимом за II категорією якості від початкової вологості 60% до кінцевої 12%.

Результати розрахунків тривалості сушіння фактичного та умовного матеріалів зводимо у таблицю 2.3

**Таблиця 2.3**

Порода	Розміри матеріалу, мм			τ вих., год	Коефіцієнти							τс., год
	S1	S2	L		Ап.	At1	At2	Ак.с.	Av	Ав.п.	Ак.в.	
Ясен	30	150	3000	130	2,05	1,65	1,23	1,12	0,89	1	0,85	458,3
Ясен	30	---	3000	130	2,05	1,65	1,23	1,12	0,89	1,2	0,85	549,9
Ум. мате	40	150	2000	228	1	1,25	1,16	0,93	0,89	1	0,85	232,6

$$\tau_{c1} = 130 * 2,05 * 1,65 * 1,23 * 1,12 * 0,89 * 1 * 0,85 = 458,3$$

$$\tau_{c2} = 130 * 2,05 * 1,65 * 1,23 * 1,12 * 0,89 * 1,2 * 0,85 = 549,9$$

$$\tau_{c.y.} = 228 * 1 * 1,25 * 1,16 * 0,93 * 0,89 * 1 * 0,85 = 232,6$$

#### 2.1.4. Визначення тривалості камерообігу

$$\tau_{об.} = \tau_{нагр.} + \tau_{п.в.} + \tau_{с.} + \tau_{конд.} + \tau_{ох.} + \tau_{зав.}, \text{ год (діб)}$$

$\tau_{нагр.}$  - тривалість нагрівання висушуваного матеріалу до температури

початку процесу сушіння, год. При проведенні нагрівання відносна вологість сушильного агента підтримується на рівні (81-83)% або рівноважна вологість (16...16,5)%.

Тривалість нагрівання визначається за виразом:

$$\tau_{нагр.} = \frac{(t_n - t_{o.c.})}{V_{нагр.}}, \text{ год}$$

**Таблиця 2.4**

Порода	Розміри			Складові камерообігу						τ об (год.)	τ об(діб)
	S1	S2	L	τ нагр.; год	τ п.в.; год	τ с.; год	τ конд.;	τ ох.; год	τ зав.;		
Ясен	30	150	3000	5,75	0	458,3	9	6,0	4	483,01	20,1
Ясен	30	---	3000	5,75	0	549,9	9	6,0	4	574,66	23,9
Ум. Матер	40	150	2000	8,00	0	232,6	8	5,5	4	258,09	10,8

$$\tau_{\text{нагр}1} = \frac{30-7}{4} = 5,75 \text{ (год)}$$

$$\tau_{\text{нагр}3} = \frac{55-7}{6} = 8 \text{ (год)}$$

$$\tau_{\text{нагр}2} = \frac{30-7}{4} = 5,75 \text{ (год)}$$

Тривалість кондиціонування визначається за формулою:

$$\tau_{\text{конд.}} = S_1 \cdot \tau_2, \text{ год}$$

$$\tau_{\text{конд}1} = 30 * 0,1 * 3 = 9 \text{ (год)}$$

$$\tau_{\text{конд}3} = 40 * 0,1 * 2 = 8 \text{ (год)}$$

$$\tau_{\text{конд}2} = 30 * 0,1 * 3 = 9 \text{ (год)}$$

Тривалість охолодження висушуваного матеріалу до температури на 25°C вище температури оточуючого середовища визначається за формулою.

$$\tau_{\text{ох.}} = \frac{t_{\text{к.}} - (t_{\text{о.с.}} + 25)}{V_{\text{ох.}}}, \text{ год}$$

$$\tau_{\text{ох.}1} = \frac{62 - (7 + 25)}{5} = 6 \text{ (год)}$$

$$\tau_{\text{ох.}2} = \frac{62 - (7 + 25)}{5} = 6 \text{ (год)}$$

$$\tau_{\text{ох.}3} = \frac{65 - (7 + 25)}{6} = 5,5 \text{ (год)}$$

### 2.1.5. Визначення об'єму пиломатеріалів, що завантажуються в сушильну камеру

Об'єм пиломатеріалів (заготовок), що завантажуються в сушильну камеру визначається за виразом:

$$E = \Gamma \cdot \beta_{об.} = l \cdot b \cdot h \cdot m \cdot \beta_{об.}, \text{ м}^3$$

$$E_1 = 3 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 24 \cdot 0,5 = 51,48 \text{ м}^3$$

$$E_2 = 3 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 24 \cdot 0,438 = 31,51 \text{ м}^3$$

$$E_3 = 2 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 36 \cdot 0,438 = 45,1 \text{ м}^3$$

Коефіцієнт об'ємного заповнення штабеля-

$$\beta_{об.} = \beta_{\delta} \cdot \beta_{ш} \cdot \beta_v \cdot \frac{100 - Y_o}{100}$$

$$\beta_{об.1} = 1 \cdot 0,95 \cdot 0,6 \cdot \frac{100 - 11,5}{100} = 0,5$$

Об'ємне всихання пиломатеріалів:

$$Y_o = \beta_v \cdot \frac{W_{м.н.} - W_{к.}}{W_{м.н.}} \%,$$

$$Y_{0.1} = 15,68 \cdot \frac{30 - 8}{30} = 11,5\%$$

Коефіцієнт заповнення штабеля за довжиною визначається за виразом:

$$\beta_{\delta} = \frac{\sum_i^n l_i}{l},$$

Та оскільки довжина пиломатеріалів дорівнює довжині штабеля, приймаємо  $\beta_d=1$

Коефіцієнт заповнення штабеля за шириною визначається за виразом:

$$\beta_{ш} = \frac{\sum_i^n b_i}{b},$$

$$\beta_{ш1} = \frac{15 \cdot 7}{110} = 0,95$$

Коефіцієнт заповнення штабеля за висотою визначається за виразом:

$$\beta_v = \frac{S_1}{S_1 + S_{np.}}$$

$$\beta_{v1} = \frac{30}{30+20} = 0,6$$

## 2.1.6. Визначення продуктивності сушильної камери в умовному і фактичному матеріалі

Таблиця 2.5

Порода висушуваного матеріалу	Розміри пиломатеріалів, мм			Розміри штабеля, м			Товщина прокладок $S_{пр}$ , мм	к-сть штабелів, м	Коеф. об'ємного заповнення штабелів, $\beta_{об}$	Тривалість камерообігу тоб, дів	Ємність камери, $E$ м <sup>3</sup>	продуктивність камери, $P$ м <sup>3</sup> /рік
	S1	S2	L	l	b	h						
Ясен	30	150	3000	3	1,1	1,3	20	24	0,5	20,1	51,48	856,9
Ясен	30	---	3000	3	1,1	1,3	20	24	0,306	23,9	31,51	440,8
Ум. матер	40	150	2000	2	1,1	1,3	25	36	0,438	10,8	45,10	1404,8

Річна продуктивність камери при сушінні пиломатеріалів заданої специфікації (порода, вид, розмір, початкова та кінцева вологість деревини) та продуктивність камери в умовному матеріалі визначають за виразом:

$$P = \frac{T}{\tau_{об.}} \cdot E, \text{ м}^3 / \text{рік},$$

$$P_1 = \frac{335}{28,2} * 51,48 = 856,9 \text{ м}^3/\text{рік}$$

$$P_3 = \frac{335}{10,8} * 45,1 = 1404,8 \text{ м}^3/\text{рік}$$

$$P_2 = \frac{335}{33,6} * 31,51 = 440,8 \text{ м}^3/\text{рік}$$

### 2.1.7. Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний

Таблиця 2.6

Характеристика матеріалу							Тривалість камерообігу для фактичного матеріалу т об..ф., д/б	Тривалість камерообігу для умовного матеріалу т об..у., д/б	Коефіцієнт об'ємного заповнення фактичного матеріалу, $\beta_{об.ф.}$	Коефіцієнт об'ємного заповнення умовного матеріалу, $\beta_{об.у.}$	Об'єм матеріалу, $\text{м}^3$	
Порода	Вид пиломатеріалу	Розміри, мм			Вологість, %						фактично	умовного
		S1	S2	L	Wп	Wк						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ясен	Дошка	30	150	3000	45	8	20,1		0,5		450	737,73
Ясен	Дошка необр.	30	---	3000	45	8	23,9		0,306		650	2071,60
Ум.матер	Дошка	40	150	2000	60	12		10,8		0,438		2809,33
Разом												1,99976

Для визначення необхідної кількості сушильних камер з метою виконання річної програми необхідно об'єм фактичного висушуваного матеріалу однакової характеристики перевести в об'єм умовного матеріалу за наступним виразом:

$$Y_{i1} = 450 * \frac{0,438 * 20,1}{0,5 * 10,8} = 737,7 \text{ м}^3$$

$$Y_{i2} = 650 * \frac{0,438 * 23,9}{0,306 * 10,8} = 2071,6 \text{ м}^3$$

$$Y_i = \Phi_i \cdot \frac{\beta_{об.ум.} \cdot \tau_{об.ф.}}{\beta_{об.ф.} \cdot \tau_{об.ум.}}, \text{ м}^3,$$

Загальний об'єм умовного матеріалу визначається за виразом:

$$Y_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Y_i, M^3,$$

$$Y_{\Sigma} = 737,7 + 2071,6 = 2809,3 (M^3)$$

### 2.1.8. Визначення кількості сушильних камер

Кількість сушильних камер яка необхідна для виконання річної програми визначається за виразом:

$$n = \frac{Y_{\Sigma}}{P_y}, \text{шт.},$$

$$n = 2809,3 / 1404,8 = 1,99 \gg 2 \text{ шт}$$

*Для виконання річної програми потрібно 2 сушильні камери.*

## Розділ 2.2 Тепловий розрахунок

*Мета теплового розрахунку - визначення кількості теплової енергії на сушіння пиломатеріалів, встановлення необхідної теплової потужності сушильної камери для розрахунку калориферів, розрахунок та вибір циркуляційної помпи, припливно-витяжних каналів і діаметрів трубопроводів.*

### 2.2.1. Вибір розрахункового матеріалу

За розрахунковий матеріал я приймаю ясеневі дошки товщиною 30мм, із заданої специфікації тривалість їх сушіння є найменшою, отже теплове і циркуляційне обладнання,

що розраховане на такий матеріал, з надлишком забезпечить сушіння інших пиломатеріалів із заданої специфікації.

### 2.2.2. Визначення маси вологи, яка випаровується з деревини в процесі сушіння

Маса вологи, яка випаровується з 1 м<sup>3</sup> пиломатеріалів (заготовок) визначається за формулою:

$$m_{1\text{м}^3} = \rho_b \frac{W_{n.} - W_{к.}}{100}, \text{ кг / м}^3,$$

$$m_{1\text{м}^3} = 560 \frac{45-8}{100} = 207.2 \text{ кг/м}^3$$

Маса вологи, яка випаровується за один камерообіг визначається за формулою:

$$m_{\text{об.кам.}} = m_{1\text{м}^3} \cdot E, \text{ кг / об.кам.},$$

$$m_{\text{об.кам.}} = 207,2 \cdot 51,48 = 10666,7 \text{ кг/об.кам}$$

Маса вологи, яка випаровується з пиломатеріалів за секунду, визначається за формулою:

$$M_c = \frac{m_{\text{об.кам.}}}{3600 \cdot \tau_c}, \text{ кг/с,}$$

$$M_c = \frac{10666,7}{3600 \cdot 458,3} = 0,0065 \text{ кг/с}$$

Розрахункова маса вологи, яка випаровується з пиломатеріалів в процесі сушіння визначається за формулою:

$$M_p = M_c \cdot k, \text{ кг/с,}$$

$$M_p = 0,0065 \cdot 1,3 = 0,0085 \text{ кг/с}$$

### 2.2.3. Визначення параметрів сушильного агента при вході у штабель

Вологовміст повітря визначають за формулою:

$$d_1 = 622 \frac{P_n}{P_a - P_n}, \text{ г/кг,}$$

$P_a$  – атмосферний тиск повітря, ( $P_a = 1 \text{ бар} = 105 \text{ Па}$ );

$P_n$  – парціальний тиск водяної пари в повітрі,  $P_n = \phi_1 \cdot P_n$ ;

$P_n$  – тиск насичення водяної пари при розрахунковій температурі режиму сушіння ( $P_n = f(t_1)$ ), Па

$t_1$  та  $\phi_1$  обрано як середнє значення між початковими та кінцевими параметрами,

$t_1 = 46 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\phi_1 = 51\%$

$$P_H = 11160,38 \text{ Па}$$

$$P_n = 11160,38 \cdot 0,51 = 5691,8 \text{ Па}$$

$$t_1 = \frac{32+62}{2} = 46 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_1 = \frac{80+22}{2} = 51 \%$$

$$d_1 = 622 \cdot \frac{5691,8}{10^5 - 5691,8} = 37,54 \text{ г/кг}$$

Тепловміст повітря визначається за формулою:

$$I_1 = 1,0t_1 + 0,001d_1(1,93t_1 + 2490), \text{ кДж/кг},$$

$$I_1 = 1 \cdot 46 + 0,001 \cdot 37,54(1,93 \cdot 46 + 2490) = 139,8 \text{ кДж/кг}$$

Густина повітря визначається за формулою:

$$\rho_1 = \frac{349 - 132 \cdot \frac{d_1}{622 + d_1}}{273 + t_1}, \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_1 = \frac{349 - 132 \cdot \frac{37,54}{622 + 37,54}}{273 + 46} = 1,07 \text{ кг/м}^3$$

Приведений питомий об'єм визначається за формулою:

$$V_{np.1} = 4,62(273 + t_1)(622 + d_1) \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 / \text{кг},$$

$$V_{np1} = 4,62(273 + 46)(622 + 37,54) \cdot 10^{-6} = 0,97 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

### 2.2.4. Визначення об'єму і маси циркулюючого повітря в сушильній камері

Об'єм циркулюючого повітря в сушильній камері визначається за формулою:

$$V_{ц} = \omega_{шт.} \cdot F_{ж.п.шт.} \cdot C, \quad \text{м}^3 / \text{с},$$

$$W_{шт.} = 2 \text{ м/с}; \quad C = 1,3$$

$$V_{ц} = 2 * 9,36 * 1,3 = 24,3 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Площа живого перетину штабеля визначається за формулою:

$$F_{ж.п.шт.} = \ell \cdot h \cdot (1 - \beta_6) \cdot n, \quad \text{м}^2,$$

$$F_{ж.п.шт.} = 1,3 * 3 * (1 - 0,6) * 6 = 9,36 \text{ м}^2$$

Маса циркулюючого сушильного агента, яка потрібна для випаровування

1 кг вологи, визначається за формулою:

$$m_{ц} = \frac{V_{ц}}{M_p \cdot V_{пр.1}}, \quad \text{кг} / \text{кг},$$

$$m_{ц} = \frac{24,3}{0,0085 * 0,97} = 2947,2 \text{ кг/кг}$$

### 2.2.5. Визначення параметрів сушильного агента при виході з штабеля

Параметри сушильного агента при виході з штабеля ( $t_2, \phi_2, d_2, \rho_2, V_{пр.2}$ ) визначаються графоаналітичним способом. За величиною ( $m_{ц}$ ) знаходять вологовміст повітря на виході із штабеля:

$$d_2 = d_1 + \frac{1000}{m_{ц}}, \quad \frac{\text{г}}{\text{кг}},$$

$$d_2 = 37,54 + \frac{1000}{2947,2} = 37,9 \text{ г/кг}$$

Температуру агента сушіння після виходу з штабеля можна визначити за формулою:

$$t_2 = \frac{I_2 - 2,49 \cdot d_2}{1,0 + 0,00193 \cdot d_2}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_2 = \frac{139,8 - 2,49 \cdot 37,9}{1 + 0,00193 \cdot 37,9} = 42,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

По тому ж принципу визначаємо густину та приведений об'єм агента при виході із штабеля

$$\rho_2 = \frac{349 - 132 \times \frac{37,9}{622 + 37,9}}{273 + 42,3} = 1,08 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{пр.2}} = 4,62(273 + 42,3)(622 + 37,9) \times 10^{-6} = 0,96 \text{ м}^3/\text{кг}$$

### **2.2.6. Визначення об'єму свіжого і відпрацьованого сушильного агента та розрахунок припливно-витяжних каналів**

Маса свіжого і відпрацьованого сушильного агента на 1 кг випаровуваної вологи визначається за формулою:

$$m_0 = \frac{1000}{d_2 - d_0}, \frac{\text{кг}}{\text{кг}},$$

Вологовміст свіжого (припливного) повітря. Приймаємо для середньорічних умов  $d_0=7$  г/кг, взимку  $d_0=1,2$  г/кг.

$$m_{0 \text{ с.р.у.}} = \frac{1000}{37,9 - 7} = 32,4 \text{ кг/кг}$$

$$m_{0 \text{ з.м.}} = \frac{1000}{37,9 - 1,2} = 27,2 \text{ кг/кг}$$

Об'єм свіжого (припливного) повітря визначається за формулою:

$$V_o = m_o \cdot M_p \cdot V_{np.0}, \text{ м}^3 / \text{с},$$

$$V_o = 32,4 \cdot 0,0085 \cdot 0,87 = 0,24 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Об'єм відпрацьованого повітря:

$$V_{відпр.} = m_o \cdot M_p \cdot V_{np.2}, \text{ м}^3 / \text{с},$$

Приймаємо  $V_{np.2} = 0,96 \text{ м}^3 / \text{с}$

$$V_{відпр.} = 32,4 \cdot 0,0085 \cdot 0,96 = 0,26 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Площу поперечного перетину припливних-витяжних каналів визначають за формулою:

$$f_i = \frac{V_i}{\omega_{кан.}}, \text{ м}^2,$$

$$f_i = \frac{0,26}{2} = 0,13 \text{ м}^2$$

Обираємо припливно-витяжні канали прямокутної форми із сторонами 20 та 30 см, тоді:  $f_k = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06 \text{ м}^2$

Визначаємо кількість припливно-витяжних каналів:

$$n_k = \frac{0,13}{0,06} = 2,17 \gg 3;$$

Приймаємо кількість припливно-витяжних каналів – 6 шт

### 2.2.7. Визначення витрат теплової енергії на сушіння пиломатеріалів

Витрати теплової енергії на нагрівання 1 м<sup>3</sup> пиломатеріалів в зимових умовах визначають за формулою:

$$q_{\text{нагр}1\text{м}^3}^{\text{зим}} = \gamma \cdot \rho_6 \cdot \frac{W_{\text{п}} - W_{\text{гр}}}{100} + \rho \cdot [C_{(-)} \cdot (-t_{\text{озим}}) + C_{(+)} \cdot t_{\text{нагр}}], \text{кДж/м}^3$$

Де:  $\gamma$  – питома теплота плавлення, 335 кДж/кг

$\rho_6$  - умовна густина деревини, кг/м<sup>3</sup>

$W_{\text{п}}$  - початкова вологість пиломатеріалів, %;

$W_{\text{гр}}$  – кількість незамерзлої вологи в деревині %

$\rho$  – густина деревини при початковій вологості, кг/м<sup>3</sup>

$t_{\text{озим}}$  – початкова температура деревини при нагріванні для зимових умов

$t_{\text{нагр}}$  – розрахункова температура деревини при нагріванні

$C_{(-)}, C_{(+)}$  – середня питома теплоємність кДж/кг·°С, ( $C_{(-)} = 2,1$ ;  $C_{(+)} = 2,5$ )

Визначення питомої теплоємності проводиться за середньою

температурою  $t_{\text{сер}}$ . і початковою вологістю деревини  $W_{\text{п}}$ :

- при від'ємній температурі  $t_{\text{сер}}^{(-)} = \frac{t_{\text{озим}} + 0}{2}$ , °С

- при додатній температурі  $t_{\text{сер}}^{(+)} = \frac{t_{\text{нагр}} + 0}{2}$ , °С

$$t_{\text{сер}}^{(-)} = \frac{-22 + 0}{2} = -11 \text{ °С}$$

$$t_{\text{сер}}^{(+)} = \frac{30 + 0}{2} = 15 \text{ °С}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{нагр}1\text{м}^3}^{\text{зим}} &= 335 \cdot 560 \cdot \frac{45 - 18}{100} + 800 \cdot [2,1 \cdot 22 + 2,5 \cdot 30] \\ &= 147612 \text{ кДж/м}^3 \end{aligned}$$

Витрати теплової енергії на нагрівання 1 м<sup>3</sup> пиломатеріалів у середньорічних умовах визначається за формулою:

$$q_{\text{нагр.1м}^3}^{c.p.} = \rho \cdot C_{(+)} \cdot (t_{\text{нагр.}} - t_{0c.p.}), \text{ кДж} / \text{м}^3, ,$$

$$q_{\text{нагр.1м}^3}^{c.p.} = 800 \cdot 2,5 \cdot (30 - 7) = 46000 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

Визначення питомої теплоємності проводиться за середньою температурою  $t_{\text{сер.}}$  і початковою вологістю деревини  $W_{\text{п.}}$ :

$$t_{\text{сер.}} = \frac{t_{0c.p.} + t_{\text{нагр.}}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{сер.}} = \frac{7 + 30}{2} = 18,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для зимових умов теплова потужність необхідна на нагрівання всього об'єму пиломатеріалів, які завантажені в сушильну камеру визначається за формулою:

$$Q_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = \frac{q_{\text{нагр.м}^3}^{\text{зим.}} \cdot E}{3600 \cdot \tau_{\text{нагр.}}}, \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = \frac{147612 \cdot 51,48}{3600 \cdot 17,3} = 122 \text{ кВт}$$

Визначимо час нагрівання камери в зимових умовах:

$$\tau_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = \frac{(t_{\text{п.}} - t_{0\text{зим.}})}{V_{\text{нагр.}}} = \frac{30 + 22}{3} = 17,3 \text{ год}$$

Питомі витрати теплової енергії на випаровування 1 кг вологи в процесі сушіння пиломатеріалів визначається за формулою:

- для зимових умов:

$$q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 1000 \cdot \frac{I_2 - I_{0\text{зим.}}}{d_2 - d_{0\text{зим.}}}, \text{ кДж} / \text{кг},$$

$$q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 1000 \cdot \frac{139,8 - (-15)}{37,9 - 1,2} = 4217,98 \text{ кДж} / \text{кг}$$

- для середньорічних умов:

$$q_{\text{вип.}}^{\text{с.р.}} = 1000 \cdot \frac{I_2 - I_{0\text{с.р.}}}{d_2 - d_{0\text{с.р.}}}, \text{ кДж / кг},$$

$$q_{\text{вип}}^{\text{с.р.}} = 1000 \cdot \frac{139,8 - 20}{37,9 - 6} = 3877,02 \text{ кДж/кг}$$

Теплова потужність сушильної камери необхідна на випаровування всієї вологи із пиломатеріалів визначається за формулою:

$$Q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} \cdot M_p, \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вип}}^{\text{зим.}} = 4217,98 * 0,0085 = 35,85 \text{ кВт}$$

Витрати теплової енергії на випаровування вологи з 1 м<sup>3</sup> пиломатеріалів

для середньорічних умов визначають за формулою:

$$q_{\text{вип.1м}^3}^{\text{с.р.}} = q_{\text{вип.}}^{\text{с.р.}} \cdot m_{1\text{м}^3}, \text{ кДж / м}^3,$$

$$q_{\text{вип.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 3877,02 * 207,2 = 803318,54 \text{ кДж/м}^3$$

Втрати тепла через огороження сушильної камери визначається окремо для кожного елемента за формулою:

$$Q_{\text{ог.}} = F_{\text{ог.}} \cdot k_{\text{ог.}} \cdot (t_c - t_0) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

Де :  $F_{\text{ог}}$  - площа окремо взятого огороження (стіни, підлога, стеля, двері) сушильної камери, м<sup>2</sup>

$k_{\text{ог}}$  - коефіцієнт теплопередачі даного огороження, Вт/(м<sup>2</sup> · °С)

$t_c$  - температура сушильного агента в камері, °С

$t_0$  - розрахункова температура навколишнього середовища із зовнішньої сторони огороження, °C, для зимових та середньорічних умов

Площі огорожень:

$$\text{Стеля } F_{\text{ог1}} = 6,73 * 7,24 = 48,7 \text{ м2}$$

$$\text{Бокова стіна } F_{\text{ог2}} = 7,24 * 5,61 = 40,6 \text{ м2}$$

$$\text{Задня стіна } F_{\text{ог3}} = 6,73 * 5,61 = 37,76 \text{ м2}$$

$$\text{Передня стіна } F_{\text{ог4}} = 1 * 6,73 = 6,73 \text{ м2}$$

$$\text{Двері } F_{\text{ог5}} = 4,2 * 6,73 = 28,3 \text{ м2}$$

$$\text{Підлога } F_{\text{ог6}} = 2 * 7,24 + 2 * 4,73 = 23,94 \text{ м2}$$

Коефіцієнт теплопередачі багатошарових огорожень визначається за формулою:

$$k_{\text{ог.}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн.}}}}, \quad \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C},$$

Де:  $\delta_i$  – товщина і-того шару огороження, м;

$\lambda_i$  – теплопровідність і-того шару огороження, Вт/(м·°C),

$\alpha_{\text{зовн}}$  – коефіцієнт теплообміну зовнішньої поверхні огороження,

приймається: для відкритого повітря 23 Вт/(м<sup>2</sup>·°C)

$\alpha_{\text{вн}}$  - коефіцієнт теплообміну внутрішньої поверхні огороження,

$\alpha_{\text{зовн}}$  – приймається 25 Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$$k_{\text{ог}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0.001}{240} + \frac{0.1}{0.07} + \frac{0.0012}{240} + \frac{1}{23}} = 0,66$$

Підставивши значення у дану формулу, рахуємо втрати тепла через огородження  $Q_{oz.} = F_{oz.} \cdot k_{oz.} \cdot (t_c - t_0) \cdot 10^{-3}$ , кВт,

1.  $Q_{ог} = 48,7 * 0,66 * (46 - 7) * 10^{-3} = 1,25$  кВт
2.  $Q_{ог} = 40,6 * 0,66 * (46 - 7) * 10^{-3} = 1,05$  кВт
3.  $Q_{ог} = 37,76 * 0,66 * (46 - 7) * 10^{-3} = 0,97$  кВт
4.  $Q_{ог} = 6,73 * 0,66 * (46 - 7) * 10^{-3} = 0,17$  кВт
5.  $Q_{ог} = 28,3 * 0,66 * (46 - 7) * 10^{-3} = 0,73$  кВт
6.  $Q_{ог} = 23,94 * 0,66 * (46 - 7) * 10^{-3} = 0,67$  кВт
7.  $Q_{ог} = 48,7 * 0,66 * (46 + 22) * 10^{-3} = 2,19$  кВт
8.  $Q_{ог} = 40,6 * 0,66 * (46 + 22) * 10^{-3} = 1,8$  кВт
9.  $Q_{ог} = 37,76 * 0,66 * (46 + 22) * 10^{-3} = 1,7$  кВт
10.  $Q_{ог} = 6,73 * 0,66 * (46 + 22) * 10^{-3} = 0,3$  кВт
11.  $Q_{ог} = 28,3 * 0,66 * (46 + 22) * 10^{-3} = 1,27$  кВт
12.  $Q_{ог} = 23,94 * 0,66 * (46 + 22) * 10^{-3} = 1,07$  кВт

№ п/п	Назва розміри огорожень	Площа, F <sub>ог.</sub> , м <sup>2</sup>	k, Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	t <sub>c</sub> , °C	t <sub>0</sub> , °C		t <sub>c</sub> -t <sub>0</sub> , °C		Q <sub>ог.</sub> , кВт	
					зимова	середньо-річна	зимова	середньо-річна	зимові	середньо-річні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Стеля	48,7	0.66	46	-22	7	68	39	2,19	1,25
2	Бокова стіна	40,6	0.66	46	-22	7	68	39	1,8	1,05
3	Задня стіна	37,76	0.66	46	-22	7	68	39	1,7	0,97
4	Передня стіна	6,73	0.66	46	-22	7	68	39	0,3	0,17
5	Двері	28,3	0.66	46	-22	7	68	39	1,27	0,73
6	Підлога	23,94	0.66	46	-22	7	68	39	1,07	0,67
<b>Разом</b>									8,33	4,84

Витрати теплової енергії, як втрат тепла через огороження сушильної камери, з розрахунку на 1 м<sup>3</sup> пиломатеріалів для середньорічних умов визначають за формулою:

$$q_{ог.1м^3}^{с.р.} = \frac{\sum Q_{ог.}^{с.р.} \cdot m_{1м^3}}{M_p}, \text{ кДж} / \text{м}^3,$$

$$q_{ог.1м^3}^{с.р.} = \frac{4,84 \cdot 207,2}{0,0085} = 117982,1 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

Питомі витрати теплової енергії на сушіння 1 м<sup>3</sup> розрахункового пиломатеріалу визначають для середньорічних умов за формулою:

$$q_{суш.1м^3} = (q_{нагр.1м^3}^{с.р.} + q_{вип.1м^3}^{с.р.} + q_{ог.1м^3}^{с.р.}) \cdot C_1, \text{ кДж} / \text{м}^3,$$

$$q_{суш.1м^3} = (46000 + 803318,54 + 117982,1) \cdot 1,2 = 1160760,77 \text{ кДж}$$

### 2.2.8. Визначення річної потреби теплової енергії сушильного цеху

Загальна кількість теплової енергії для виконання річної програми сушіння пиломатеріалів визначається за формулою:

$$Q_{річ.} = q_{суш.1м^3} \sum_{i=1}^n (\Phi_i \cdot \frac{\beta_{об.роз.} \cdot \tau_{об.ф}}{\tau_{об.роз.} \cdot \beta_{об.ф}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж / рік,}$$

$$Q_{річ.} = 1160760,77 (450 * \frac{0,5 * 20,1}{20,1 * 0,5} + 650 * \frac{0,5 * 23,9}{20,1 * 0,306}) \times 10^{-6} = 1988,25 \text{ ГДж/рік}$$

На деревообробних підприємствах котельні, що забезпечують тепловою енергією сушильні господарства, в переважній більшості випадків, в якості палива використовують відходи у вигляді тирси, стружки, технологічної тріски або кускові відходи. Річна кількість відходів для виробництва теплової енергії, що споживається сушильним цехом, визначається за формулою:

$$G_{річ.} = \frac{Q_{річ.}}{Q_n^p \cdot \eta}, \text{ м}^3,$$

$$G_{річ.} = \frac{1988,25}{9,71 \times 0,8} = 255,95 \text{ м}^3$$

Оскільки в якості палива для котла використовують відходи виробництва, а саме відходи з деревини ясена вологістю 45%. Тоді нижча теплотворна здатність деревини 9,71 ГДж/м<sup>3</sup>

### 2.9. Розрахунок теплового обладнання сушильної камери

Кількість теплової енергії на одиницю часу або необхідна теплова потужність калорифера сушильної камери визначається за формулою:

$$Q_k = (Q_{вип.}^{зим.} + \sum Q_{ог.}^{зим.}) \cdot C_1, \text{ кВт,}$$

де:  $C_1$  – коефіцієнт не врахованих витрат теплової енергії,  $C_1=1,15\dots1,3$ .

$$Q_k = (122 + 8,33) * 1,2 = 156,3 \text{ кВт}$$

Поверхню нагрівання калорифера визначають за формулою

$$F_{\kappa} = \frac{Q_{\kappa} \cdot C_2}{k \cdot (t_m - t_c)} \cdot 10^3, \text{ м}^2,$$

де:  $C_2$  – коефіцієнт, який враховує корозію і забруднення калорифера,  $C_2=1,2$ ;

$t_m$  – температура теплоносія в системі тепlopостачання °C, приймається на рівні 90...95°C при використанні в якості теплоносія гарячої води;

$t_c$  – температура сушильного агента в камері (див. підрозділ 1.1), °C;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі калорифера, який залежить від конструкції калорифера, швидкості циркуляції теплоносія по трубах калорифера, швидкості і густини повітря, яке циркулює через калорифер

$$F_{\kappa} = \frac{156,3 \cdot 1,2}{54,65 \cdot (90 - 46)} \cdot 10^3 = 78 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт теплопередачі  $k$  для пластинчатих біметалевих водяних калориферів визначається за формулою:

$$k = 25,48 \cdot (\omega_{\kappa} \cdot \rho)^{0,485} \cdot \omega_{\tau}^{0,13}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

де:  $\omega_{\tau}$  - швидкість руху теплоносія в трубах калорифера,  $\omega_{\tau}=0,2...1,0$  м/с;

$\omega_{\kappa}$  - швидкість руху сушильного агента через калорифер, м/с;

$\rho$  - густина сушильного агента, кг/м<sup>3</sup>, приймається рівна  $\rho_2$ .

$$k = 25,48 \times (5,12 \times 1,08)^{0,485} \times 0,6^{0,13} = 54,65$$

Швидкість руху сушильного агента через калорифер визначається за формулою:

$$\omega_{\kappa} = \frac{V_{\text{ц}}}{F_{\text{ж.пер.к}}}, \text{ м/с},$$

$$\dot{\omega}_{\kappa} = \frac{24,3}{3,63} = 6,7 \text{ м/с}$$

Після попереднього вибору і розміщення калориферів на схемі камери площа живого перетину визначається за формулою:

$$F_{ж.пер.к} = L \cdot B - n_{н.к.} [(\ell_{к} - 2 \cdot s_{кол.}) \cdot n_{тр.} (d_{зов.} + \frac{2\delta_p \cdot h_p}{t_p})], \text{ м}^2,$$

де: L, B – довжина і ширина каналу в якому попередньо розміщені біметалеві калорифери, м;

$\ell_{к}$  – довжина калорифера, м;

$s_{кол.х}$  – ширина вхідного і вихідного колектора калорифера, м. ;

$n_{тр.}$  – кількість біметалевих оребрених труб в одному ряді калорифера, шт. ;

$d_{зов.}$  – зовнішній діаметр несучої (внутрішньої) труби біметалевої оребреної труби калорифера, м;

$\delta_p, h_p, t_p$  – відповідно товщина, висота і крок ребер біметалевої труби, м;

$$F_{ж.пер.к.} = 6,4 * 0,8 - 2 * ((3 - 2 * 0,1) * 9 * (0,026 + \frac{2 * 0,0003 * 0,015}{0,0025})) = 3,63 \text{ м}^2$$

$$F_{к} = (3 - 2 * 0,1) * 1,6 * 9 * 2 = 80,6$$

Кількість калориферів :  $n_{к} = \frac{F_{к}}{f_{к}}, \text{ шт.},$

$$n_{к} = \frac{78}{80,6} = 0,97 \gg \gg 2 \text{ калорифери}$$

Враховуючи особливості камери, візьмемо два калорифери, для запасу потужності

## 2.10. Розрахунок циркуляційної помпи і діаметрів трубопроводів теплової системи сушильної камери

Після розрахунку необхідної кількості калориферів розробляється принципова структурна схема теплової системи сушильної камери.

Аксонетричний спосіб розроблення структурної схеми дозволяє встановити відмітки висот розміщення теплового обладнання і орієнтовно визначити довжину трубопроводів. Розрахунок необхідної продуктивності циркуляційної помпи виконують за формулою:

$$V_n = \frac{C_m \cdot Q_k \cdot 3600}{\rho_{пр.} \cdot c_v \cdot (t_{вх.} - t_{вих.})}, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

де:  $Q_k$  – теплова потужність калорифера сушильної камери, кВт;

$C_m$  – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в магістралі,

приймається:  $C = 1,25$ ;

$\rho_{пр.}$  – приведена густина води при якій встановлені робочі характеристики циркуляційних помп,  $\rho_{пр.} = 972 \text{ кг/м}^3$ ;

$c_v$  – теплоємність води,  $c_v = 4,19 \text{ кДж/кг } ^\circ\text{С}$ ;

$t_{вх.}$  – температура теплоносія на вході в калорифер, згідно завдання;

$t_{вих.}$  – температура теплоносія на виході з калорифера, приймається на  $20^\circ\text{С}$

нижчою від температури теплоносія на вході в калорифер.

$$V_n = \frac{1,25 \cdot 156 \cdot 3600}{972 \cdot 4,19 \cdot (90 - 70)} = 8,6 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Крім необхідної продуктивності, помпа повинна забезпечувати тиск (напір), достатній для подолання опору трубопроводу. Для правильного вибору циркуляційної помпи потрібно визначити втрати до найбільш віддаленої точки трубопроводу (до крайнього калорифера). Перед розрахунком гідравлічного опору, необхідно визначити діаметри трубопроводів. Діаметр головної магістралі визначається за формулою:

$$d_{\text{маг.}} = \sqrt{1,27 \frac{n_{\text{кам.}} \cdot V_{n.}}{3600 \cdot \omega_{\text{т.}}} \cdot 10^3}, \text{ мм},$$

де:  $n_{\text{кам.}}$  – кількість сушильних камер;

$\omega_{\text{т.}}$  - швидкість руху теплоносія (гарячої води) в трубопроводі, приймається 0,6...1,5 м/с.

$$d_{\text{маг.}} = \sqrt{1,27 \frac{2 \cdot 8,6}{3600 \cdot 1} \cdot 10^3} = 77,9$$

*Приймаємо 80*

Діаметр підводу до камери визначається за формулою:

$$d_{\text{кам.}} = \sqrt{1,27 \frac{8,6}{3600 \cdot 1} \cdot 10^3} = 55 \text{ мм}$$

*Приймаємо трубу  $d_{\text{кам.}} = 65 \text{ мм}$*

$$H_{\text{н.}} = \frac{Z_{\text{к.}} + R \cdot \ell_{\text{тр.}} + \sum Z_i}{\rho_{\text{пр.}} \cdot g}, \text{ м},$$

де:  $Z_{\text{к.}}$  – гідравлічний опір калорифера, Па;

$R$  - опір прямої труби, для сталевих труб приймається 120...140 Па/м;

$\ell_{\text{тр.}}$  - довжина трубопроводу, м. В розрахунках необхідно враховувати як довжину трубопроводу подачі теплоносія до калорифера, так і довжину зворотної нитки.

$Z_i$  - опір елементів трубопроводу (вентилі, фільтри, трьохходові та зворотні клапани).

$g$  - прискорення земного тяжіння, м/с<sup>2</sup>.

$$H_{\text{п}} = \frac{16876,6 + 130 \times 15 + (3900 + 14000 + 7000 + 13700 + 5100 + 8000)}{972 \times 9,8} = 7,4 \text{ м}$$

*Приймаємо помпу фірми **GRUNDFOS**, модель- **UPS 65-120***

## Розділ 2.3. Аеродинамічний розрахунок

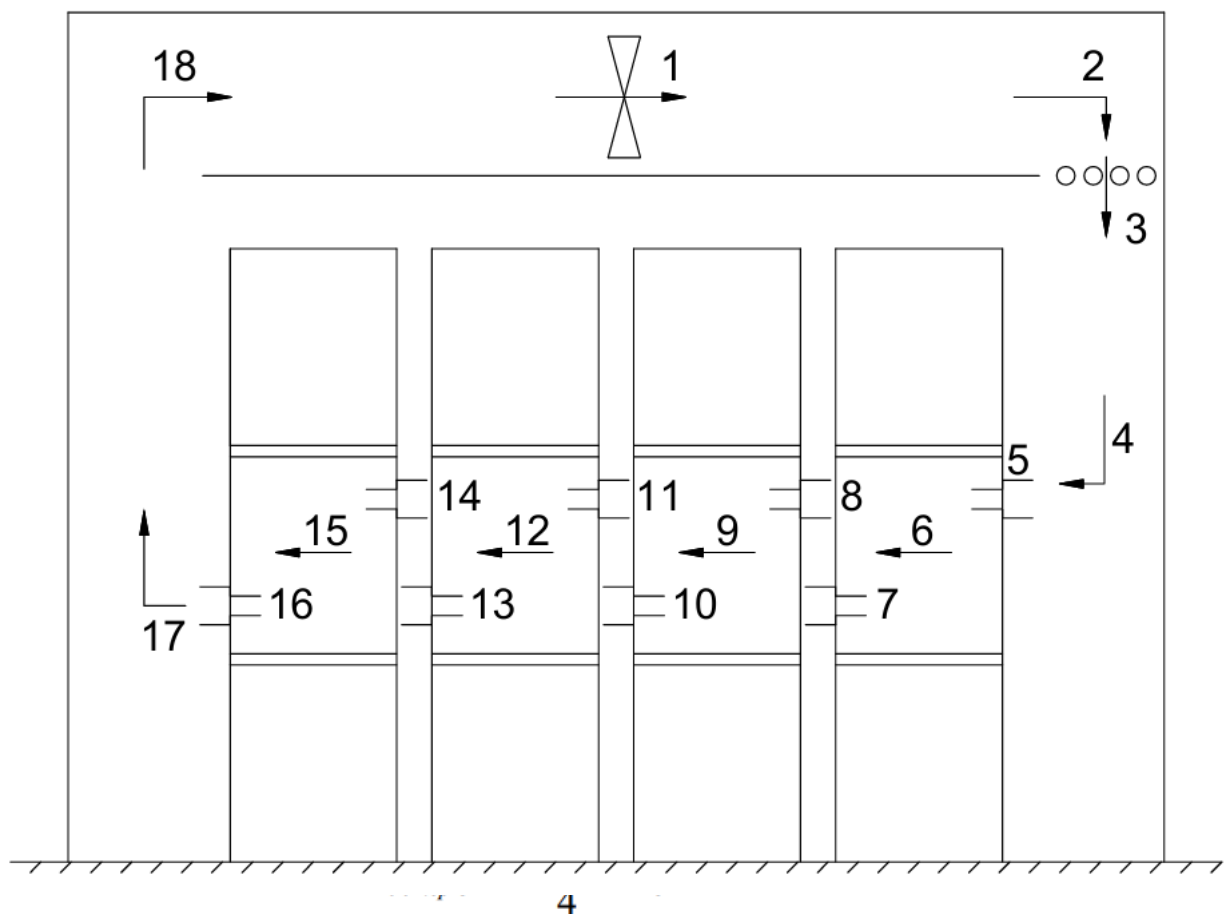
*Мета аеродинамічного розрахунку – вибір вентиляторів на базі визначених опорів ділянок циркуляції сушильного агента в камері, розрахунок їх кількості і потужності приводу електродвигунів*

### 2.3.1 Розрахунок опорів ділянок кільця циркуляції сушильного агента

В сучасних сушильних камерах сушильний агент циркулює по замкнутому кільцю, при цьому тиск (напір) який розвиває вентилятор необхідний тільки для подолання опорів руху агента сушіння, в зв'язку з цим його приймають рівним статичному і розраховують за формулою:

$$H_{\text{ст}} = \sum h_{\text{ст.і}} = \frac{\rho \cdot \omega_i^2}{2} + \psi, \text{ Па}$$

$$H=5,61\text{м}; h=4,1\text{м}; L=7,24\text{м};$$



$$f_{ж. пер.в.} = \frac{3,14 \times 0,8^2}{4} \times 5 = 2,51 \text{ м}^2$$

Статичний опір руху агента сушіння через біметалеві калорифери для дворядних пластинчатих біметалевих водяних калориферів сушильних камер:

$$\Delta h_{к.} = 8,0 \cdot (\omega_{к.} \cdot \rho)^{1,72}, \text{ Па},$$

$$\Delta h_{к.} = 8 \times (7,98 \times 1,01)^{1,72} = 289,7 \text{ Па}$$

$$H_{ст.і} = \frac{1,01 \times 9,68^2}{2} \times 0,8 = 37,87 \text{ Па}$$

$$H_{ст.і} = \frac{1,01 \times 2,76^2}{2} \times 1,10 = 4,23 \text{ Па}$$

$$H_{ст.і} = \frac{1,01 \times 2,08^2}{2} \times 0,29 = 0,63 \text{ Па}$$

$$H_{ст.і} = \frac{1,01 \times 2,08^2}{2} \times 0,64 = 1,4 \text{ Па}$$

$$H_{ст.і} = \frac{1,01 \times 2,08^2}{2} \times 10,2 = 22,3 \text{ Па}$$

<b>№ Ділянки</b>	<b>Назва ділянки</b>	<b>Площа жив. перер. ділянок Fж.пер.,м2</b>	<b>Швидкість агента сушіння на ділянці, ωі м/с</b>	<b>Коеф. місц. опору, Ψ</b>	<b>Статичний опір на відн. ділянці, Δ<i>h</i><sub>ст</sub>, Па</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
1	Вентилятор	2,51	9,68	0,8	37,87
2	Поворот під 90°	8,88	2,74	1,10	4,16
18	Поворот під 90°	8,88	2,74	1,10	4,16
5,8,11,14	Вхід у штабель	11,70	2,08	0,29	2,53
6,9,12,15	Штабель	11,70	2,08	10,2	88,88
7,10,13,16	Вихід з штабеля	11,70	2,08	0,64	5,58
4	Поворот під 90°	8,88	2,74	1,10	4,16
3	Калорифер	3,60	6,75		217,20
17	Поворот під 90°	8,88	2,74	1,10	4,16
				<b>ΣΔ<i>h</i><sub>ст.і</sub></b>	368,69
					330,82

### 2.3.2. Вибір вентилятора і розрахунок потужності електродвигуна

Характеристики вентиляторів приведені для повітря з параметрами: температура:  $t=20^{\circ}\text{C}$ ; відносна вологість:  $\varphi=0,5$ ; густина:  $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ . Якщо густина сушильного агента ( $\rho$ ) відрізняється від величини ( $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ ), то вентилятор підбирають за приведеним тиском, який визначається за формулою:

$$H_{np.} = \frac{H_{ст.} \cdot 1,2}{\rho}, \text{ Па},$$

$$H_{np.} = \frac{330,82 \times 1,2}{1,01} = 393,05 \text{ Па}$$

Кількість вентиляторів визначають за формулою:

$$n_{\epsilon} = \frac{V_{ц.}}{V_{\epsilon}}, \text{ шт}, \quad n_{\epsilon} = \frac{24,3}{5,6} = 4,3 \text{ шт}$$

*приймаємо вентилятор ВО №8Р ( $Q=27^{\circ}$ )*

Необхідну потужність електродвигуна, яка потрібна для приводу вентилятора визначають за формулою:

$$N_{\epsilon} = \frac{H_{np.} \cdot V_{\epsilon} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\epsilon} \cdot \eta_n}, \text{ кВт},$$

$$N_{\epsilon} = \frac{393,05 \times 5,6 \times 10^{-3}}{1 \times 1} = 2,2 \text{ кВт}$$

Для вибору електродвигуна визначають встановлену потужність за наступною формулою:

$$N_{вст.} = N_{\epsilon} \cdot K_3, \text{ кВт},$$

$$N_{вст.} 2,2 \times 1,05 = 2,31 \text{ кВт}$$

*Приймаємо електродвигун фірми SIEMENS 1LA7107-4AA*

*Потужність 3 кВт*

## 2.4. Розрахунок транспортного обладнання

### 2.4.1. Розрахунок автотранспорту

Продуктивність автотранспорту визначається за формулою

$$P = K_p \cdot \frac{T_{зм} \cdot E_{шт}}{\frac{L_n}{\omega_1} + \frac{L_n}{\omega_2} + t_\delta}$$

де  $K_p$  - коефіцієнт використання робочого часу, приймають рівним 0,8;

$T_{зм}$  - тривалість зміни, хв;

$E_{шт}$  - об'єм пакета або штабеля, м<sup>3</sup>;

$L_n$  - середня довжина перевезення вантажу, м;

$\omega_1$  - швидкість руху транспортного засобу з вантажем, м/хв;

$\omega_2$  - швидкість руху транспортного засобу без вантажу, м/хв;

$t_\delta$  - тривалість додаткових операцій за один рейс, хв.

Необхідна кількість транспортних засобів

$$n = \frac{Q_{зм} \cdot K_n}{P \cdot \eta_{об}}, \text{ шт}$$

де  $Q_{зм}$  - кількість матеріалу, яку необхідно перевезти за зміну, м<sup>3</sup>

$$Q_{зм} = \frac{\sum \Phi}{T_{ріг} \cdot m}, \text{ м}^3 / \text{зміну}$$

де  $\sum \Phi$  - фактичний річний об'єм висушених пиломатеріалів, м<sup>3</sup>;

$T_{ріг}$  - річний фонд робочого часу, діб;

$m$  - число змін роботи обладнання;

$K_n$  - коефіцієнт нерівномірності вантажопотоків ( $K_n = 1,25-1,4$ );

$\eta_{обл}$  - коефіцієнт використання транспортного обладнання,

приймають  $\eta_{обл} = 0,7-0,8$

Розрахунок автотранспортувача

$$P_{3M} = \frac{0,85 \cdot 480 \cdot 4,29}{\left(\frac{40}{21,04}\right) + \left(\frac{40}{27,1}\right) + 10} = 130,8 \text{ м}^3/\text{зміну}$$

$$Q_{3M} = \frac{1100}{335 \cdot 3} = 1,09 \text{ м}^3/\text{зміну}.$$

Кількість автотранспортувачів

$$n = \frac{1,09 \cdot 1,4}{130,8 \cdot 0,7} = 0,016 \text{ шт.}$$

Для сушильного цеху приймаємо один автотранспортувач Toyota.

## 2.5. Розрахунок кількості електроенергії

### 2.5.1 Розрахунок річної потреби в силевій електроенергії

Необхідну кількість силевій електроенергії протягом року визначають за формулою

$$W_a = \sum N_{вст} \cdot \tau_{розр} \frac{K_3 \cdot K_o}{K_D \cdot K_{втр}}, \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

де  $\sum N_{вст}$  - сума потужностей всіх встановлених електродвигунів;

$\tau_{розр}$  - розрахункова тривалість роботи всіх електродвигунів

протягом року, год;

$K_3$  - коефіцієнт електродвигунів;

$K_o$  - коефіцієнт, який враховує одночасність роботи електродвигунів;

$K_{втр}$  - коефіцієнт втрат в електромережі;

$K_D$  - допоміжний коефіцієнт.

Для зручності розрахунку вираз  $\frac{K_3 \cdot K_o}{K_d \cdot K_{втр}}$  можна замінити коефіцієнтом попиту  $K_n$ ,

Розрахункова тривалість роботи двигунів протягом року

$$\tau_{розр} = [356 - (B + C)] \cdot \tau_{зм} \cdot n, \text{ год}$$

де  $B$  - кількість вихідних днів;

$C$  - кількість святкових днів;

$\tau_{зм}$  - тривалість зміни, год;

$n$  - кількість робочих змін.

Сушильні камери протягом року працюють безперервно. Планується 30 діб для профілактичного ремонту. Тривалість зміни становить 8 год, кількість змін - 3. Тоді

$$\tau_{розр} = 335 \cdot 8 \cdot 3 = 8040 \text{ год}$$

Сушильна камера на протязі цього часу має примусові технологічні зупинки, пов'язані з затратою часу на завантажувально-розвантажувальні роботи ( $\tau_{n.p.}$ ) і на охолодження матеріалу в камері до  $\tau = 30 \approx 40$  °C ( $\tau_{охол.-кам.}$ )  $\tau_{n.p.}$  нормується в 0,1 доби (24 години) на кожний оборот камери, кількість котрих, рівна  $335/20,1=17$ ,

тоді  $\tau_{n.p.} = 17 \cdot 2,4 = 40,8$  год./рік.

$\tau_{охол.-кам.} = 1 \cdot 1,25 \cdot 17 = 21,25$  год./рік

Реальний час роботи камери в рік  $\tau_{розр.} = 8040 - (40,8 + 21,35) = 7978$  год.

## 2.5.2 Розрахунок потреби електроенергії на освітлення

Загальні втрати електроенергії на освітлення

$$W_{oc} = F \cdot P_n \cdot K_n \cdot \tau_{роб} \cdot 10^{-3}, \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Де:  $W_{oc}$  - річна витрата електроенергії для освітлення приміщення, кВт·год;

$F$  - площа приміщень, м<sup>2</sup>;

$P_n$  - питома потужність на освітлення, Вт/м<sup>2</sup>,

$K_n$  - коефіцієнт попиту, який враховує неодноразовість роботи всіх світильників

$\tau_{роб}$  - кількість годин роботи світильників на протязі року, год/рік.

Розрахунки річної потреби електроенергії на освітлення приведені в таблиці

2.10

**Таблиця 2.10 Розрахунок річної потреби силової електроенергії**

?	Назва споживача	Кількість споживачів	Серія і тип електродвигуна	Потужність електродвигуна, кВт	Кількість електродвигунів на	Встановлена потужність $N_{вст}$	Коефіцієнт попиту $K_n$	Тривалість роботи обладнання, год/рік	Річна потреба в електроенергії $W_a$ , кВт·год
1		5							
2	Вентилятор	10	SIEMENS 1LA7107- 4AA	3	10	30	1	7980	239400
3	Циркуляційний насос	2	GRUNDFOS, UPS 65-120	0,6	2	1,2	0,81	7980	7757
4	Автоматика	2	MSSD-03	0,35	2	0,7	0,51	7980	2849
<b>Сума</b>									<b>250006</b>

Таблиця 2.11 Витрата електроенергії на освітлення

<i>№ п/п</i>	<i>Назва споживача</i>	<i>Площа приміщення F, м<sup>2</sup></i>	<i>Щільна потужність P<sub>n</sub>, Вт/м<sup>2</sup></i>	<i>Коефіцієнт попиту K<sub>n</sub></i>	<i>Тривалість ро-боти світильни-ків, год/рік</i>	<i>Річна потреба в електро-енергії W<sub>ос</sub>, кВт·год</i>
<i>1</i>	<i>Зовнішнє освітлення</i>	<i>127,45</i>	<i>0,81</i>	<i>0,6</i>	<i>4355</i>	<i>270</i>
<i>сума</i>						<i>270</i>

*загальні потреби в електроенергії: 250006+270=250276 кВт*

У сушильному цеху кількість робочих днів складає 335, а середня тривалість роботи світильників при трьозмінній роботі - 13 год. Тоді

$$\tau_{роб} = 335 \cdot 13 = 4355 \text{ год}$$

В коридорі управління камер – розрахунково-умовна тривалість роботи світла – 14 год/в добу

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення зводимо в таблицю 2.11.

$$W_{заг} = 250006 + 270 = 250276 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

## 2.6. Визначення витрат води

### 2.6.1. Витрата води на зрошення.

$$Q_{огзим} = T_{річ} \cdot V_{вод} \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ м} / \text{рік} , \text{т/рік},$$

де,  $T_{річ}$  - річний фонд робочого часу, діб;

$V_{вод}$  – кількість води на одну камеру, літрах;

$n$  – кількість камер, шт.

$$Q_{огзим} = 335 \cdot 42 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 28,14 \text{ ,т/рік},$$

### 2.6.2. Витрати води на протипожежні потреби

$$B_{пож} = \frac{52 \cdot (600 \cdot m_3 + 300 \cdot m_6) \cdot 5}{1000} , \text{т/рік}$$

де 52 – кількість тижнів у розрахунковому році;

$m_3$  і  $m_6$  – кількість зовнішніх і внутрішніх гідрантів, один гідрант встановлюють на площу 300...500 м<sup>2</sup>;

5 – час, у хвилинах, щотижневої перевірки гідрантів;

600, 300 – витрати води одним гідрантом за час перевірки, л/хв.

$$B_{пож} = \frac{52 \cdot (600 \cdot 1 + 300 \cdot 1) \cdot 5}{1000} = 224 \text{ т/рік}.$$

### 2.6.3. Витрати води на побутові потреби

Витрати води на побутові потреби приймаються: для господарських цілей – 25 л на одну людину за зміну; для душових кабін – 40 л на одну людину за зміну.

Тоді річні витрати води складають

$$B_{\text{поб}} = q \cdot m \cdot n \cdot \tau_{\text{річн}} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік}$$

де  $m$  – кількість людей, які працюють у найбільш завантажену зміну;

$n$  – кількість змін роботи цеху;

$\tau_{\text{річн}}$  – кількість робочих днів протягом року ( $\tau_{\text{річн}} = 253$ ).

$$B_{\text{поб}} = 62 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 253 \cdot 10^{-3} = 314,84 \text{ т/рік.}$$

Загальні витрати холодної води на рік складають

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{кот}} + B_{\text{пож}} + B_{\text{поб}}, \text{ т/рік.}$$

$$B_{\text{заг}} = 28,14 + 224 + 62,7 = 314,84 \text{ м}^3 \text{ т/рік.}$$

## 2.7. Зведена відомість необхідної необхідної кількості обладнання сушильної дільниці

Таблиця 2.12. Зведена відомість обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Примітка
1.	Сушильна камера SK-78	2	
2.	Вентилятор осьовий Simens WR№8	10	
3.	Калорифери біметалеві на одну камеру	3	
	На всі камери	6	
4.	Насос циркуляційний <i>GRUNDFOS UPS 65-120</i>	2	
5.	Автоматика регулювання процесу сушіння MMSD 305	2	
6.	Вологомір ВГТ - 660	1	
7.	Ворота сушильної камери	2	
8.	Засувки припливно-витяжних каналів	12	
9.	Система зволоження в камерах	2	
10.	Автовантажувач	1	

## **2.8 Технологія сушки дощок в камері.**

### **2.8.1. Вкладання пиломатеріалів в сушильні пакети**

Для забезпечення якісного процесу сушіння деревини особливу увагу слід приділяти правильному укладанню матеріалу в сушильні штабелі. Це має вирішальне значення, зокрема при роботі з необрізними ясеновими дошками.

#### **Вибір та розміщення міжрядних прокладок**

Для формування штабеля використовуються сухі прокладки з деревини граба — це запобігає появі слідів на оброблених дошках. Важливим є правильний вибір товщини прокладок та інтервалів між ними:

- У випадку з ясеновими необрізними дошками:
  - Прокладки товщиною 20 мм, розміщені з кроком до 300 мм.
- Якщо дошки мають товщину 40 або 50 мм:
  - Використовуються прокладки 25 мм, із максимально допустимою відстанню 500 мм.

#### **Укладання штабеля**

Щоб уникнути нерівномірної циркуляції повітря в сушильній камері, щонайменше один бік штабеля повинен бути вирівняним. Це також сприяє більш ефективному використанню простору камери.

Прокладки між шарами деревини мають бути розташовані по вертикалі одна над одною по всій висоті пакета. На крайніх ділянках штабеля прокладки рекомендується укладати ближче до торців дощок, що допомагає уникнути їх пересушування. При цьому кінці прокладок не повинні виступати за межі штабеля більш ніж на 150 мм.

## **Попереднє зберігання**

Після формування пакети зберігають під навісами, щоб захистити їх від опадів та сонця. Такі навіси виконують функцію попереднього підсушування та дають змогу накопичувати деревину, що має однакову товщину.

## **Завантаження до камери**

Важливо пам'ятати, що сушіння пиломатеріалів різної товщини в одному завантаженні не допускається, оскільки це може негативно вплинути на якість процесу.

### **2.8.2. Система автоматичного управління камерою**

#### **Автоматизована система керування сушильною камерою**

Система автоматичного управління складається з трьох основних модулів:

- вимірювального;
- керуючого блоку;
- процесорного вузла.

## **Вимірювальний модуль**

До його складу входять:

- п'ять пар сенсорів для контролю поточної вологості деревини;
- два температурні датчики;
- два датчики для визначення рівноважної вологості повітря.

Сенсори вологості встановлюють у дошках із найвищим початковим рівнем вологи. Їх розміщують у різних частинах камери по ширині, висоті та глибині для точнішого контролю. Сигнали з усіх датчиків перетворюються у цифрову форму та передаються до процесора.

## Процесорний модуль

У процесорі збережено набір готових програм сушіння, адаптованих під основні види європейської деревини, різні товщини заготовок та форми пиломатеріалів. Після заповнення камери оператор задає параметри: тип деревини, товщину, форму виробу та кінцеву вологість. При необхідності, оператор може змінювати стандартні програми або створювати власні.

## Етапи сушіння деревини

Процес поділяється на чотири основні стадії:

1. **Нагрівання** — поступове підвищення температури до необхідного рівня першого етапу сушіння.
2. **Сушіння** — основний процес зменшення вологості деревини.
3. **Кондиціонування** — стабілізація вологості по товщині заготовок, а також усунення залишкових внутрішніх напружень.
4. **Охолодження** — зниження температури до безпечного рівня для розвантаження камери.

Для необрізних та обрізних ясеневих дощок товщиною 30 мм швидкість нагрівання становить 4-5 °С/год. Температура підвищується поступово: від початкових 30 °С до кінцевих 62 °С — синхронно з процесом зниження вологості.

## Температурне регулювання

Контроль температури здійснюється через порівняння фактичного значення з еталонним. Якщо реальна температура нижча за задану, подається команда на відкриття триходового клапана, який пропускає гарячу воду до калориферів. Час відкриття клапана (тобто ступінь його відкриття) прямо пропорційний різниці температур. Кожні 2,5 хвилини виконується повторна перевірка. Якщо температура ще не досягла встановленого рівня — подається наступна команда

на відкриття клапана. Якщо температура перевищує норму — подається сигнал на його закриття.

У випадку, коли різниця між фактичною та заданою температурами менша за 0,5 °С, система не вносить жодних коригувань, забезпечуючи стабільність температурного режиму.

### **Контроль рівноважної вологості**

Рівень відносної вологості повітря в камері регулюється за допомогою відкриття/закриття припливно-витяжних каналів. Якщо вологість повітря нижча від потрібної, система подає команду на закриття цих каналів. Ступінь закриття засувки визначається величиною відхилення між фактичним і цільовим показниками.

Якщо навіть при повністю закритих каналах не вдається досягти необхідного рівня вологості, активується система зволоження: відкривається електромагнітний клапан подачі води до форсунок, що розпилюють воду в камері. Якщо вологість перевищує встановлений рівень — система працює в зворотному напрямку, відкриваючи вентиляційні канали.

### **3. ОХОРОНА ПРАЦІ**

Під час проектування сушильного господарства особливе значення має забезпечення відповідних умов праці, які відповідають санітарно-гігієнічним нормам та вимогам безпеки. Людський фактор відіграє провідну роль у впровадженні сучасних технологій та створенні нових виробничих систем, тому організація належних умов праці є пріоритетною. Вона безпосередньо впливає на продуктивність праці, безпеку виробничого процесу та збереження здоров'я працівників.

У цьому розділі бакалаврської дипломної роботи запропоновано комплекс заходів для створення безпечних умов праці в сушильному цеху приватного підприємства “Long life wood”, що знаходиться у Львівській області. Ці заходи також спрямовані на зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Для забезпечення комфортної роботи персоналу, який займається укладанням сушильних штабелів, передбачається встановлення навісів, що захищатимуть від несприятливих погодних умов. Крім того, працівників необхідно забезпечити спеціальним одягом, оскільки виконання робіт відбувається просто неба за будь-яких кліматичних умов.

Для ефективного переміщення як сирих, так і висушених штабелів доцільно використати автотранспортувач, що сприятиме підвищенню продуктивності та зниженню фізичного навантаження на працівників.

#### **3.1. Характеристика робочого простору**

##### **3.1.1. Загальна характеристика робочого місця**

Для забезпечення ефективної роботи оператора сушильної камери проектом передбачено облаштування спеціального керуючого коридору. У цьому приміщенні розміщуються: теплова гребінка, електричні силові шафи, система

автоматичного керування, а також насос, що підтримує постійний тиск для подачі води у зволожувальну систему сушильного агента. Робоче місце обладнане комп'ютером, за допомогою якого здійснюється контроль за автоматизованою роботою сушильної камери.

Площа керуючого коридору складає 8 м<sup>2</sup>. У приміщенні наявні двері та вікно, а також встановлена система опалення, що дозволяє підтримувати комфортну температуру в холодну пору року. Для створення належних санітарно-гігієнічних умов передбачено вентиляційне обладнання.

Силові шафи з'єднані з контуром захисного заземлення через відповідні шини. Слід підкреслити, що всі заходи з електробезпеки виконані згідно з вимогами ДБН В.2.5-27:2018. За класифікацією Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), приміщення належить до першої категорії за ступенем небезпеки ураження електричним струмом — з підвищеною небезпекою.

На передній частині електрошкафу, на висоті 1,5 м, встановлена панель з монітором для управління процесом у конвективній сушильній камері. Відстань від екрана автоматизованої системи до очей оператора становить 0,6–0,8 м, що відповідає вимогам стандарту ССБТ 12.2.033-84.

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007, приміщення управління класифікується як пожежонебезпечне (категорія "В"). Для забезпечення пожежної безпеки встановлено ручний порошковий вогнегасник ВП-5(з) з масою заряду 5 кг, що відповідає нормативам НАПБ Б.03.001-2004. Також передбачено системи пожежної сигналізації та автоматичного гасіння пожеж.

Щодо санітарно-побутового забезпечення персоналу, то працівники сушильного відділення користуються вже існуючими приміщеннями, розташованими в адміністративному корпусі підприємства.

### **3.1.2. Характеристика факторів виробничого середовища та умов праці**

У виробничому середовищі сушильного цеху присутні певні небезпечні та шкідливі чинники, що впливають на умови праці. Відповідно до стандарту ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ [14], до основних фізичних виробничих факторів, які можуть становити загрозу для працівників, належать:

- наявність рухомого обладнання та обертових частин машин;
- підвищений рівень шумового фону і вібрацій;
- недостатня освітленість у робочих зонах.

Ці фактори можуть негативно впливати на безпеку та здоров'я працівників, тому потребують особливої уваги при організації виробничих процесів.

У таблиці 3.1 наведено основні джерела виникнення зазначених факторів, а також рекомендовані організаційні та технічні заходи, що спрямовані на створення безпечних і комфортних умов праці для персоналу сушильного цеху.

Таблиця 3.1

## Організаційно-технічні заходи щодо забезпечення належних умов праці

№ з/п	Назва фактора	Джерело утворення	Заходи щодо запобігання небезпеці і уникненні травмувань
1	Рухомі вузли машини	Автонавантажувач	-забезпечення твердого покриття на ділянці роботи ; - відповідність маси вантажу, що підіймається, допустимим нормам навантаження.
2	Підвищений рівень вібрацій	Двигуни насосів, вентилятори	-дистанційне керування; - збільшення жорсткості системи; - використання засобів індивідуального захисту від вібрації (спеціальне віброзахистне взуття, рукавиці з м'якими надолонниками); -покращення організації праці вібронезбезпечних процесів: загальна кількість години в контакті з віброобладнанням не повинна перевищувати тривалість зміни; одноразова дія не повинно перевищувати: для локальної вібрації– 20 хвилин, для загальної вібрації– 40 хвилин.
3	Підвищений рівень шуму	Двигуни насосів, вентилятори	- чергування періодів роботи і відпочинку оператора; - застосування спеціальних технічних засобів шумогасіння; - використання засобів індивідуального захисту від шуму.
4	Недостатня освітленість робочої зони	—	-встановлення додаткових освітлювальних пристроїв у виробничих приміщеннях; -встановлення пристроїв для зовнішнього освітлення на території цеху.

Робота оператора сушильної камери, згідно з класифікацією навантаження на організм людини відповідно до ГН 3.3.5-8-6.6.1:2002 [13], належить до середнього рівня важкості — категорія 2а.

Виконання зорових функцій оператором, відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2006 [8], класифікується як робота середньої точності, що належить до IV розряду та підрозряду "г" зорових навантажень.

Проектна документація сушильного цеху передбачає дотримання встановлених санітарно-гігієнічних нормативів щодо умов виробничого середовища та трудового процесу. Всі ключові показники наведено у таблиці 3.2.

**Таблиця 3.2 Санітарні норми виробничого середовища і трудового процесу**

№ з/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Одиниці вимірювання	Нормативне значення фактора	Нормативний документ, що регламентує гранично допустимі значення
1	Рівень віброшвидкості (віброприскорення)	дБ	110	ДСН 3.3.6-039-99 [7]
2	Рівень звуку	дБА	60	ДСН 3.3.6-037-99 [19]
3	Освітленість	лк	200	ДБН В.2.5-28-2006 [8]
4	Коефіцієнт природної освітленості	%	1,5	ДБН В.2.5-28-2006 [8]
5	Мікроклімат у приміщенні:			
	Температура повітря	°С	18...27	ДСН 3.3.6.042-99 [15]
	Швидкість руху повітря	м/с	0,3	ДСН 3.3.6.042-99 [15]
	Відносна вологість повітря	%	40...60	ДСН 3.3.6.042-99 [15]

З метою створення належних умов праці для працівників, які виконують укладання штабелів на відкритій території, передбачено безоплатне забезпечення їх спеціальним одягом і взуттям. У холодний період року працівникам має видаватися зимовий спецодяг і утеплене взуття, відповідно до вимог нормативного документа НПАОП 20.0-3.10-05 [18].

Крім того, проєктом передбачено організацію місць для обігріву персоналу під час перерв у роботі, а також зон для сушіння вологого спеціального одягу, що сприятиме підтриманню належного рівня комфорту та зменшенню ризиків професійних захворювань.

### **3.2. Охорона навколишнього природного середовища**

Одним із основних джерел потенційного впливу на довкілля при реалізації проєкту сушильного господарства є котельня. Запроєктовано встановлення сучасного котельного обладнання, яке функціонуватиме на вологих деревинних відходах, таких як тирса, кора та технологічна тріска. Нова котельня забезпечуватиме теплом сушильні камери, господарсько-побутові приміщення та інші виробничі дільниці підприємства.

У процесі спалювання деревної біомаси утворюються забруднюючі речовини, зокрема: вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), сажа та зола. Зола регулярно видаляється з топок, накопичується та в подальшому використовується як добриво для сільськогосподарських потреб. Сажу затримують екологічні фільтри, якими обладнані котли.

Викиди газоподібних речовин ( $\text{CO}_2$  та  $\text{NO}_x$ ) зменшуються за рахунок проєктного рішення щодо висоти димової труби, що забезпечує їх розсіювання в атмосфері до безпечних концентрацій, які не перевищують гранично допустимих норм.

До введення об'єкта в експлуатацію обов'язковим є проходження процедури оцінки впливу на довкілля (ОВД), за результатами якої підприємство повинно

отримати дозвіл на викиди забруднюючих речовин, що не перевищують встановлених ГДК (гранично допустимих концентрацій).

Що стосується сушильних камер конвективного типу, то вони не створюють істотного екологічного навантаження. Волога, яка випаровується з деревини, виводиться у вигляді водяної пари через систему припливно-витяжної вентиляції. Цей процес є екологічно безпечним. Частина вологи може конденсуватися і, завдяки наявній системі водовідведення, направляється в каналізаційну мережу без шкоди для навколишнього середовища.

## 4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### Економічне обґрунтування проєктних рішень

У сучасних ринкових умовах фінансова доцільність прийнятих проєктних рішень набуває особливої ваги, зокрема для підприємств малого та середнього бізнесу. Економічне обґрунтування у межах бакалаврської роботи має на меті визначити обсяг необхідних інвестицій у реалізацію проєкту, а також розрахувати собівартість послуг, що надаватимуться згідно з проєктом.

Для оцінки інвестиційних витрат розглядаються витрати на будівництво сушильного цеху на базі ПП «Кальмук». Це охоплює як витрати на будівельно-монтажні роботи, так і на придбання відповідного обладнання. Додаткові транспортні засоби не закуповуються, оскільки підприємство вже має у наявності автотранспорт, який може бути використаний у проєкті з урахуванням його поточного навантаження.

Собівартість послуг розраховується за складовими витрат, включаючи енергетичні витрати, оплату праці, нарахування єдиного соціального внеску, амортизаційні витрати та інші супутні витрати.

Формування ціни послуг здійснюється на основі рентабельності витрат — прибуток визначається як фіксований відсоток до собівартості з урахуванням середньоринкових цін на подібні послуги.

Ключовими результативними показниками проєкту є:

- обсяг виробничої програми з сушіння;
- кількість працівників, залучених до реалізації проєкту;
- середньомісячна заробітна плата одного працівника;
- собівартість сушіння 1 м<sup>3</sup> натурального та умовного матеріалу;
- річний прибуток, очікуваний у результаті впровадження проєктних рішень.

**Таблиця 4.1. Основні показники, встановлені в попередніх розділах проекту та за даними підприємства**

№ з/п	Назва показника	Один. вимір.	За проектом
1	Система сушильних камер	марка	SK-78
2	Кількість сушильних камер	шт.	2
3	Площа сушильного цеху в т. ч. побутові приміщення, проходи, проїзди тощо	м <sup>2</sup> м <sup>2</sup>	218 127,45
4	Річна програма сушіння: <ul style="list-style-type: none"> <li>• в натуральному матеріалі</li> <li>• в умовному матеріалі</li> </ul>	м <sup>3</sup> м <sup>3</sup> ум.	1100 2810
5	Число днів роботи камер на рік	дні	335
6	Електронно-обчислювальні машини	шт.	—
7	Потреба дров на сушіння Потреба дров на опалення	м <sup>3</sup>	255,95 40,05
8	Загальна потреба дров	м <sup>3</sup>	295
9	Витрата електроенергії на: сушіння освітлення	кВт-год	250006 270
10	Витрата води на технологічні цілі	м <sup>3</sup>	28,14

Таблиця 4.2 Розрахунок вартості нового обладнання

№ з/п	Назва обладнання, устаткування	Марка, тип	К-сть	Вартість, тис. грн.	
				Одиниці	Разом
<b>I. Технологічне обладнання</b>					
1	Камери сушильні	СК-78	2	3170,0	6340,0
	<b>Разом</b>	—	2	—	6340,0
<b>II. Транспортні засоби</b>					
	—	—	—	—	—
	<b>Разом</b>	—	—	—	—
<b>III. Електронно-обчислювальні машини</b>					
	<b>IV. Інші основні засоби</b>				635,15
	<b>У. Всього</b>	—	—	—	6975,15
	<b>УІ. Транспортно-монтажні витрати (10 %)</b>				697,5
	<b>ЗАГАЛЬНА СУМА ВИТРАТ</b>				7672.65

Вартість будівельних робіт (пасивної частини основних засобів сушильного цеху) розраховуємо на основі виробничої площі та чинних тарифів на такі види робіт:  $218 * 7,9 = 1722,2$  тис. грн.

Амортизаційні відрахування за проектом сушильного цеху:

$$(1722,2 * 0,0776) + (7672,65 * 0,2085) = 1733,39 \text{ тис. грн.}$$



Таблиця 4.4 Розрахунок вартості електроенергії, пари, дров і води

№ п/п	Напрявлення використання	Одиниці вимірювання	Споживання на рік	Ціна (тариф) за одиницю, грн.	Сума, тис. грн.
1	<b>Електроенергія:</b>				
	на технологічні цілі	кВт-год	250006	10,25	2562,56
	на освітлення	- “ -	270	10,25	2,77
	<b>Разом</b>	- “ -	250276	—	2565,33
2	<b>Дрова:</b>				
	на технологічні цілі	м <sup>3</sup>	255,95	1277,0	326,85
	на опалення і душові	- “ -	40,05	1277,0	51,1
	<b>Разом</b>	- “ -	295	—	377,95
3	<b>Вода</b>				
	на технологічні цілі	м <sup>3</sup>	28,14	36,37	1,02
	на побутові і протипожежні потреби	- “ -	—	—	—
	<b>Разом</b>				1,02
4	<b>Всього витрат</b>	—	—	—	2944,3

Таблиця 4.5 Кошторис собівартості сушіння умовного лісоматеріалу

№ з/п	Показники	На 1 м3, гривень	На програму, тис. грн
	Просушити матеріалу (м <sup>3</sup> ):		
	натурального	—	1100
	умовного	—	2810
	<b>Статті витрат</b>	—	—
1	Електроенергія, дрова, вода	1047,8	2944,3
2	Витрати на оплату праці працівників	260,7	732,7
3	Витрати на загальнообов'язкове соціальне страхування (22,0%)	57,36	161,19
4	Амортизація основних засобів	616,8	1733,39
5	Витрати на ремонти основних засобів (4,5% від балансової вартості будівель та обладнання)	27,76	78
6	Витрати на охорону праці, техніку безпеки та охорону довкілля (2% від витрат на оплату праці всіх працівників)	5,73	16,1
	<b>Виробнича собівартість сушіння</b>	2016,25	5665,68
	Плановий прибуток (25 %)	511,89	1438,41
	<b>Відпускна ціна без ПДВ</b>	2528.14	7104,09

Таблиця 4.6 Розподіл витрат на сушіння натурального лісоматеріалу

№ з/п	Види лісоматеріалу	Річна програма сушіння лісоматеріалу, м <sup>3</sup>		Собівартість сушіння 1 м <sup>3</sup> натурального лісоматеріалу, грн.
		в натуральному матеріалі	в умовному матеріалі	
1	ясен, необрізна дошка 30 х3000	650	2071,60	6425,94
2	ясен, дошка 30х150 х3000	450	737,73	3305,44
	Разом	1100	2810	—
	Середня собівартість сушіння 1 м <sup>3</sup> лісоматеріалу			5150,69

Таблиця 4.7 Техніко-економічні показники

№ з/п	Показники	Один. вимірювання	За проектом
1	Система сушильних камер	—	SK-78
2	Кількість сушильних камер	шт	2
3	Річна програма сушіння: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ в умовному матеріалі</li> <li>➤ в натуральному матеріалі</li> </ul>	м <sup>3</sup> ум. м <sup>3</sup> нат.	2810 1100
4	Відпускна ціна річного обсягу сушіння	тис. грн.	7104,09
5	Спискова чисельність ПВП	осіб	4
6	Фонд оплати праці, разом в т. ч. робітників	тис. грн.	732,7 432,7
7	Середньомісячна заробітна плата одного працівника ПВП	гривень	15265
8	Річна сума витрат на сушіння	тис. грн.	5665,68
9	Собівартість сушіння 1 м <sup>3</sup> : умовного лісоматеріалу натурального лісоматеріалу	грн. грн.	2016,25 5150,69
10	Прибуток до оподаткування	тис. грн.	1438,41

## **Висновки**

Працюючи над бакалаврською роботою, було з'ясовано доцільність реалізації будівництва конвективних сушарок, згідно з моїм завданням для ФОП Феляк.

При даних річних об'ємах сушіння, не дивлячись на високу собівартість, через велику затрату електроенергії та не дешевого обладнання, даний проєкт приносить підприємству близько 1 438 410 грн щорічно. Завдяки цьому можна рекомендувати дану пропозицію для впровадження.

## Список використаної літератури

1. Андрашек Й.В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія сушіння і захисту деревини – Львів 2011-69 с.
2. Сторожук В.М., Озарків І.М., Джигирей В.С., Кенс І.Р. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “ Охорона праці та навколишнього природного середовища ” випускної роботи бакалавра — Львів 2012-23 с..
3. Методичні вказівки для розробки економічної частини бакалаврської роботи. Напрямок-сушіння деревин. – Львів 2011-27 с
4. Білей П.В., Павлюст В.М. Сушіння і захист деревини. Підручник. – Львів, Ліга. Прес, 2008.-312 с.
5. Закон України “ Про охорону праці ” .
6. ДСН 3.3.6-039-99 - “Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.
7. ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К: Мінбуд України, 2006. – 78 с.
8. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
9. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
10. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
11. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні.
12. ГН 3.3.5-8-6.6.1 2002р. Гігієнічні нормативи. Гігієнічна класифікація праці. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.
13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
14. ПУЕ:2006. Правила улаштування електроустановок. Глава. Заземлення і захисні заходи електробезпеки.

15. ДСанПіН 2.2.7.029-99 Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення

16. НПАОП 20.0-3.10-05. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам деревооброблювальної промисловості.

17. ДСН 3.3.6-037-99 - "Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку".