

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБЛЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини
та безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту бакалавра
на тему

Проект сушильної дільниці для ВТП «Горизонт»

Виконав: студент 4 курсу, групи ДТ-42
спеціальності 187 Деревообробні та меблеві
технології

Сусідка В.В.

Керівник **Кушпіт О.М.**

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Львів – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут
Кафедра

деревообробних технологій і дизайну
технологій захисту навколишнього
середовища і деревини та безпеки
життєдіяльності

Рівень вищої освіти
Спеціальність

бакалавр
187 Деревообробні та меблеві технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б. Я.

“ 26 ” 02 2025р.



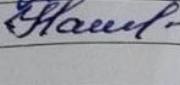
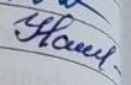
ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Сусідка Владислав Вікторович

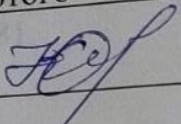
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект сушильної дільниці для ВТП «Горизонт»
керівник роботи Кушпін О.М., ст.викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від “21” лютого 2025 року № С-124
2. Строк подання студентом роботи до 10 червня 2025
3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, розмірно-якісна характеристика продукції, забезпечення якості висушуваного матеріалу
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальний розділ; проектно-технологічний розділ; розділ охорони праці; економічний розділ
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема підприємства, загальний вигляд сушильної камери, план сушильної дільниці, схема вентиляційного відділення, техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видані	завдання прийняті
Охорона праці	доц. Соколовський І.А.		
Економічний розділ	доц. Наливайко Н.Я.		

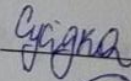
7. Дата видачі завдання 26 лютого 2025 року

Керівник проекту  Кушпіт О.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

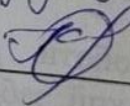
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загальний розділ	до 25.03.2025	
2.	Проектно-технологічний розділ	до 05.05.2025	
3.	Охорона праці	до 25.05.2025	
4.	Економічний розділ	до 05.06.2025	
5.	Оформлення бакалаврської роботи	до 10.06.2025	

Студент



Сусідка В.В.

Керівник проекту



Кушпіт О.М.

РЕФЕРАТ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему “Проект сушильної ділянки для ВТП «Горизонт»

Реконструкція, модернізація, технологія сушіння пиломатеріалів, режими сушіння, сушильні камери, теплопостачання, тепловий розрахунок, аеродинаміка.

В даному проекті проведені основні розрахунки, необхідні для будівництва нового сушильного цеху на базі конвективних сушильних камер Incoflan. Проект включає в себе 4 частини.

Обсяг пояснюючої записки виконаний в об'ємі сторінок формату А-4. Графічна частина листів формату А-4.

Пояснююча записка складається з таких частин:

1. Загальна частина, де висвітлені такі питання, як характеристика підприємства та обґрунтування вибору сушильної камери.

2. Проектно-технологічна частина описує загальні питання проектування сушильного цеху, вибір типу сушильної камери, опис технологічного процесу сушіння, технологічний розрахунок, тепловий розрахунок, аеродинамічний розрахунок, технічну характеристику камери, розрахунок транспортного обладнання, розрахунок необхідної кількості електроенергії, води.

3. В розділі охорона праці розглянуті питання про заходи по охороні праці і навколишнього середовища, техніки безпеки, пожежна охорона та питання техноекології в цеху.

4. Економічна частина висвітлює розрахунок вартості обладнання, електроенергії, калькуляція собівартості сушіння, розрахунок економічного ефекту, техніко-економічні показники.

З М І С Т

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	7
1.1.Коротка характеристика підприємства	8
1.2. Обґрунтування вибору площадки для будівництва сушильного цеху	
1.3. Обґрунтування вибору типу сушильного пристрою	
2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1. Загальні питання проектування цеху	
2.2. Технологічний розрахунок сушильних пристроїв	
2.3. Тепловий розрахунок	
2.4. Аеродинамічний розрахунок	
2.5. Розрахунок електроенергії	
2.6. Зведена відомість необхідної кількості обладнання сушильної ділянки	
2.7. Технологія сушіння пиломатеріалів	
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	
3.1. Загальна характеристика умов праці	
3.2 Техніка безпеки	
3.3 Протипожежний захист	
3.4. Технологія і захист навколишнього середовища	
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
Перелік використаної літератури	
Додатки	

Вступ

Багато деревообробних підприємств в Україні використовують застарілі технології та обладнання для сушіння деревини. Це призводить до підвищеного енергоспоживання та нерівномірного сушіння, що знижує якість кінцевої продукції.

Сушіння деревини є одним з найбільш енергоємних процесів в деревообробній промисловості. Через використання старого обладнання часто спостерігається неефективне використання енергоресурсів. Невідповідність сучасним екологічним стандартам, високе забруднення повітря та води відходами виробництва, недостатня увага до очищення викидів та утилізації відходів. Необхідний рівень кваліфікації персоналу, систематичне навчання та підвищення кваліфікації працівників у сфері новітніх технологій сушіння.

Необхідно використовувати енергоефективних технологій, таких як теплові насоси, для зниження енергоспоживання та підвищення продуктивності. Разом з тим, повинні запроваджуватися ефективні методи утилізації відходів виробництва та переробки деревних відходів на біопаливо або інші корисні продукти. Тому впроваджується реалізація державних програм підтримки деревообробної промисловості, що включає субсидії та пільги на придбання енергоефективного обладнання.

Для розвитку галузі сушіння деревини в Україні необхідно активно впроваджувати новітні технології, модернізувати обладнання, підвищувати кваліфікацію персоналу та дотримуватися екологічних стандартів. Залучення інвестицій та державна підтримка також відіграють ключову роль у забезпеченні сталого розвитку галузі. Це дозволить не тільки підвищити ефективність виробництва, але й покращити якість продукції та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика підприємства

Виробничо-торгівельне підприємство “Горизонт” засноване в 1996р. та розташоване в смт Красне Золочівського району Львівської області.

Сировина надходить з навколишніх лісгоспів Золочівського району у вигляді колод сосни, дуба, вільхи, модрина і граба. Зазвичай річна програма становить близько 1000 м³/рік.

Основним видом діяльності є розкроювання деревини дошки, балки, крокви та заготовки для виробництва блоків вікон та дверей. Є можливість виготовляти вироби за індивідуальним замовленням від населення. Деревні відходи є побічним продуктом виробництва. Великі кускові відходи можуть продаватися. Решта відходів, такі як тирса і стружка використовують на опалення підприємства.

На балансі підприємства міститься адмінбудівля, лісопильний цех, столярний цех, магазин, склади відходів та металевих виробів. Переміщення сировини по території відбувається за допомогою крана-балки. Автомобільним транспортом здійснюється доставка сировини.

На горизонтальному стрічкопилковому верстаті проводиться розпилювання колод на необрізні дошки з подальшим розкроювання їх на обрізні. Дошки складають на піддони і на візках передають в інший цех, для подальшого оброблення. В окремі ящики складаються кускові відходи.

1.2. Обґрунтування вибору площадки для будівництва сушильного цеху

Підприємство розташоване у місці з розвиненою інфраструктурою на якому виготовляються столярні вироби, для яких потрібно висушені заготовки у вигляді дошок, тому для збільшення потужності на цьому підприємстві

пропонується розширити виробництво, встановивши сушильні камери фірми Incoplan, що дасть змогу знизити собівартість продукції, покращити якість пиломатеріалів, стати незалежними від інших підприємств, де робилася закупка сухого матеріалу. Підприємство зможе також висушувати деревину для продажу, що призведе до збільшення прибутку на підприємстві.

1.3. Обґрунтування вибору типу сушильного пристрою

Для підприємства, що виробляє дверні полотна критичним фактором є рівномірність сушіння та кінцева вологість деревини. У такому випадку може бути обрано конвекційну сушильну камеру з системою автоматичного контролю вологості та температури, що забезпечить високу якість сушіння. Враховуючи вимоги до екологічності, можна розглянути камери з енергоефективними тепловими насосами та системами очищення викидів.

Загалом, підбір сушильної камери потребує комплексного підходу та аналізу багатьох факторів для досягнення оптимального результату.

Підбір сушильної камери для підприємства – це відповідальний процес, що залежить від багатьох факторів, таких як тип матеріалу, що підлягає сушінню, обсяги виробництва, вимоги до якості продукції та інші технічні та економічні аспекти.

Необхідно визначити розміри та конфігурацію камери, враховуючи доступний простір у приміщенні та спосіб завантаження/розвантаження матеріалу.

Камера повинна бути енергоефективна та екологічнобезпечна.

При виборі камери враховується наявність сучасної системи автоматичного контролю та регулювання параметрів сушіння (температура, вологість, час) з можливістю дистанційного моніторингу.

Не менш важливою є вартість різних моделей камер, враховуючи вартість, монтажу та обслуговування.

При виборі камери необхідно попередньо розрахувати термін окупності обладнання з урахуванням економії енергоресурсів, підвищення якості продукції та зменшення втрат. Обладнання бажано вибирати від надійних виробників з хорошою репутацією на ринку.

Необхідно переконатися, що постачальник забезпечує гарантійне та сервісне обслуговування, а також доступність запасних частин. Потрібно визначити, чи сушильна камера інтегрується з іншими технологічними процесами на підприємстві.

Враховуючи вище наведені фактори, об'єми виробництва та вимоги до високої якості сушіння нами пропонується розробити проект ділянки на основі збірнометалевих сушильних камер Incorlan об'ємом 30м.куб.

Застосування даних типів сушильних камер, при умові їх комплектації сучасною апаратурою для контролю і регулювання параметрів сушильного агрегату та вологості деревини дозволять в повній мірі досягти заданих показників якості.

2. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ СУШИЛЬНОГО ЦЕХУ

2.1.1. Уточнення специфікації і визначення кількості пиломатеріалів, що підлягають сушінню

Таблиця 2.1.

Специфікація пиломатеріалів, які підлягають сушінню

№	Порода	Вид п/м	Розміри пиломатеріалів, мм			Характеристика п/м			
			Т	Ш	Д	Вологість		Категорія якості	Задана кількість п/м, Ф м ³ /рік
						W _п	W _к		
1	Дуб	Обр	50	180	6000	65	12	II	75
2	Дуб	Обр	25	180	6000	65	12	II	25
3	Сосна	Обр.	50	200	6000	68	12	II	150
5	Сосна	Обр.	25	200	6000	68	12	II	100

350

Коротка технічна характеристика сушильних камер

внутрішні розміри, м	6500*4320*3800
тип і розмір вентилятора, шт	WR -800
частота обертання, об/хв	1450
кількість вентиляторів, шт	5
швидкість циркуляції агенту	
сушіння через штабель, м/с	2
встановлена потужність електродвигуна для приводу вентилятора, кВт	3

Загальна характеристика камери *Incorlan 30м.куб.*

Лісосушильна камера періодичної дії призначена для використання на деревообробних підприємствах, продукцією яких є пиломатеріали з деревини хвойних та листяних порід. Такі камери можуть застосовуватись на

підприємствах з виготовлення меблів, музичних інструментів, паркету, столярних виробів, спеціальної тари тощо.

Каркас огорожувальних конструкцій камер виконаний з алюмінієвого профілю розробленого компанією Incorlan. Завдяки перетину даного профілю процес складання і монтажу сушильної камери максимально спрощується і, відповідно, скорочується майже в 2 рази. Використання сучасних промислових роботів в процесі виготовлення деталей і вузлів камери дає прецизійну точність розмірів і дозволяє повністю виключити будь-які відхилення від заданих параметрів.

При монтажі зварювальні роботи відсутні повністю: збірка проводиться на болтах єдиного діаметру і типорозміру, всі конструкції і вузли збираються на землі, в тому числі і структурна частина покрівлі.

Огорожувальні конструкції являють собою алюмінієві сендвіч-панелі з великим запасом міцності на вітрову і снігове навантаження. А використання в їх конструкції ущільнювачів з термостійкої гуми спеціального перерізу забезпечує також і високі ізоляційні якості. Товщина панелей - 116,152 і 210мм, опір вітру - до 120 км / ч. Крім того, панелі мають виняткові водовідштовхувальними і жароміцними властивостями, блискуче пройшли випробування на корозію, витримують максимальну робочу температуру до +200 ° С. Стінні панелі можна постачати до місця монтажу в розібраному вигляді, а мінеральне волокно може бути і місцевого виробництва, що дозволяє серйозно заощадити і на вартості камер, і на транспортних витратах.

Система вентиляції складається з вентиляторів осьового типу з електродвигунами потужністю від 3 до 5,5 кВт зі швидкістю обертання 1450 об/хв. Даний тип електродвигуна сконструйований спеціально для роботи в агресивному середовищі з високою температурою і має високий ступінь захисту і спеціальне мастило. Вентилятори - реверсивні. За бажанням замовника вони можуть комплектуватися інвертором, що дозволяє автоматично, залежно від режиму сушіння, регулювати число обертів, тим самим підвищуючи їх економічність. До конструктивних особливостей системи вентиляції відноситься симетричний профіль вентиляторів з 8 лопатями і змінним кутом лопатей на 25-

50 °. Це дозволяє управляти режимами сушіння. Всі гвинти виготовлені з нержавіючої сталі.

Система вентиляції здатна працювати при температурному режимі від - 80 до +300 ° С. Матеріал виготовлення - нержавіюча сталь і штампований алюміній. Теплоносієм служить гаряча вода (+90 ... +95 ° С). Нагрівальні елементи являють собою теплообмінники з біметалевих труб (всередині нержавіюча сталь або мідь, зовні алюміній). Вони можуть працювати як на гарячій воді, так і на діатермічному маслі і парі. Відомо, що вентиляції завжди супроводжує вібрація. Але вплив вібрації на теплообмінники виключено, тому що теплообмінники в сушильних камерах Incorlan закріплені на ресорах.

Для автоматичного контролю температури нагріву камери в системі нагріву передбачений електроклапан. Система зволоження виготовлена з труб з нержавіючої сталі з латунними насадками. Система кріпиться у верхній частині камери, що запобігає пряме попадання розпилюваної вологи на навколишні пакети деревини.

Унікальна автоматична система управління, розроблена фахівцями фірми Incorlan, займає особливе місце в процесі сушіння деревини. Система одночасно здійснює повний контроль над усіма параметрами сушіння декількох камер (до 32), автоматично підтримує заданий стан повітря в сушильній камері залежно від режиму сушіння. Система управління кожної камери оснащена персональним комп'ютером. Його можна встановити в коридорі управління безпосередньо біля камер, а також на відстані до 500 м від сушильних камер.

4 датчика і 16 зондів системи контролю безперервно зчитують і передають дані про температуру і вологість деревини, які дають необхідну інформацію для оптимального бачення процесу сушіння. Задані та поточні значення параметрів виводяться на кольоровий монітор. Крім цього, система дозволяє виводити сигнал на мобільний телефон, що дає оператору можливість контролювати режим сушіння.

Об'єм сушильного простору розрахований на завантаження штабелів пиломатеріалів, завантаження і розвантаження яких відбувається за допомогою автотранспорту.

2.2. Технологічний розрахунок

2.2.1. Вибір режиму сушіння

Режимом сушіння називають зміну параметрів сушильного агента (t , φ) або (t , W_p) залежно від породи і розмірів пилопродукції та зміни біжучої вологості деревини в процесі сушіння. Побудовані за таким принципом режими сушіння поділяються на ступеневі і безступеневі. В залежності від вимог, що ставляться до якості сушіння деревини, пилопродукція може висушуватися режимами різних категорій за температурним рівнем. - *високотемпературними*, в яких в якості агента сушіння використовується перегріта пара при атмосферному тиску з температурою вище 100 С. - *низькотемпературними*, в яких в якості агента сушіння використовується вологе повітря з температурою на початковій стадії до 100 С. До низькотемпературних режимів сушіння відносяться: *м'яккі, нормальні і форсовані*.

Для розрахунків обраємо нормальний режим представлений фірмою Hildebrand.

Вибір режиму сушіння виконують для кожної породи і товщини висушеної пило продукції згідно заданої специфікації і результати заносяться в табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

Режими сушіння пиломатеріалів і заготовок згідно заданої специфікації

№ п / п	Порода	Розміри матеріалу, мм			Початкова	Кінцева вологість, W_k , %	Режимні параметри на початку сушіння			Режимні параметри при закінченні сушіння		
		S ₁	S ₂	L			t _{п.} , °C	φ _{п.} , %	W _{р.п.} , %	t _{к.} , °C	φ _{к.} , %	W _{р.к.} , %
1	Дуб	50	180	6000	65	12	40	83	16,5	65	28	4,5
2	Дуб	25	180	6000	65	12	44	83	16	68	28	4
3	Сосна	50	200	6000	68	12	56	71	11	66	30	4,5
5	Сосна	25	200	6000	68	12	57	65	10	67	23	3,5

2.2.2.Визначення тривалості сушіння

Тривалість сушіння пилопродукції визначають за виразом:

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

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 і умовного матеріалів зводяться в табл.. 2.3.

Таблиця 2.3.

Визначення тривалості сушіння пилопродукції

По- рода	Розміри матеріалу, мм			$\tau_{вих.}$, год.	Коефіцієнти							$\tau_{с.}$, год.
	S ₁	S ₂	L		A _{п.}	A _{t1}	A _{t2}	A _{к.с.}	A _v	A _{в.п.}	A _{к.в.}	
Дуб	50	180	6000	300	2.6	1.55	1.16	1.1	0,89	1	0.85	1167
Дуб	25	180	6000	138	2.6	1.47	1.2	1.15	0,89	1	0,85	551
Сосна	50	200	6000	324	1	1.24	1,15	0.98	0,81	1	0,85	311
Сосна	25	200	6000	140	1	1.22	1.13	0.9	0,81	1	0,85	121
Ум. Матер.	40	150	2000	228	1	1,21	1,14	0,98	0,89	0,8	0,85	187

2.2.3. Визначення тривалості камерообігу

Тривалість камерообігу визначають за виразом:

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

Результати розрахунків тривалості камерообігу зводяться в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4.

Визначення тривалості камерообігу.

Порода	Розміри матеріалу, мм			Складові камерообігу						Тоб., год.	Тоб., діб
	S ₁	S ₂	L	τ _{нагр., год.}	τ _{п.в., год.}	τ _{с., год.}	τ _{конд., год.}	τ _{ох., год.}	τ _{зав., год.}		
Дуб	50	180	6000	8.2	12.5	1167	15	6.5	3	1212	50,5
Дуб	25	180	6000	9.3	6.3	551	7.5	7,2	4	586	24,4
Сосна	50	200	6000	12.3	7,5	311	7,5	6,8	3	348	14,5
Сосна	25	200	6000	12.5	4	121	5	7	4	154	6,5
Ум. Матер.	40	150	2000	11,5	66	187	8	6,5	3	222	9

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

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

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

Розрахунок об'єму пиломатеріалів зводимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Розрахунок об'єму пиломатеріалів

Порода	Розміри матеріалу, мм			m	β _д	β _ш	β _в	β _{об}	E
	S ₁	S ₂	L						
Дуб	50	180	6000	9	1	0.9	0.66	0.47	31,5
Дуб	25	180	6000	9	1	0.9	0.5	0.39	30,3
Сосна	50	200	6000	9	1	1	0.66	0.47	31,5
Сосна	25	200	6000	9	1	1	0.5	0.39	30,3

Ум. Матер.	40	150	2000	27					0.438	30,7
-------------------	-----------	------------	-------------	-----------	--	--	--	--	--------------	-------------

2.2.5. Визначення продуктивності сушильної камери в умовному і фактичному матеріалі

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:

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

Результати розрахунків продуктивності сушильної камери для фактичного і умовного матеріалу зводяться у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6.

Розрахунок продуктивності сушильної камери для фактичного та умовного матеріалу.

Порода висушуваного матеріалу	Розміри пиломатеріалів, (заготовок), мм			Розміри штабеля (пакета), м			Товщина прокладок, $S_{пр}$, мм	E	Тривалість камерообігу, $T_{об}$, дів	Продуктивність камери, Π , м ³ /рік
	S_1	S_2	L	l	b	h				
Дуб	50	180	6000	6	1.2	1.2	25	31,5	50,5	209
Дуб	25	180	6000	6	1.2	1.2	20	30,3	24,4	416
Сосна	50	200	6000	3	1.2	1.2	25	31,5	14,5	727
Сосна	25	200	6000	3	1.2	1.2	20	30,3	6,5	1562
Ум. мат.	40	150	2000	3	1,2	1,2	25	30,7	9	1142

2.2.6. Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний

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:

$$Y = \Phi \cdot \frac{\beta_{об.ум.} \cdot \tau_{об.ф.}}{\beta_{матеріалу}}; M^3,$$

Загальний об'єм умовного матеріалу визначається за виразом:

$$Y_{\Sigma} = \sum_i^n Y_i; M^3,$$

де: n – кількість типорозмірів фактичного матеріалу переведеного в умовний.

Результати розрахунку об'єму умовного матеріалу зводяться у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7.

Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний

Порода	Характеристика матеріалу						Тривалість камерообігу для фактичного матеріалу, $\tau_{об.ф.}$, діб	Тривалість камерообігу для умовного матеріалу, $\tau_{об.ум.}$, діб	Коефіцієнт об'ємного заповнення фактичного матеріалу, $\tau_{об.ф.}$	Коефіцієнт об'ємного заповнення умовного матеріалу, $\tau_{об.ум.}$	Об'єм матеріалу, M^3	
	Вид пиломатеріалу	Розміри, мм			Вологість, %						фактичного	умовного
		S ₁	S ₂	L	W _п	W _к						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Дуб	Обр	50	180	6000	65	12	50,5	9	0.47	0,438	75	435
Дуб	Обр	25	180	6000	65	12	24,4	9	0.39	0,438	25	98
Сосна	Обр.	50	200	6000	68	12	14,5	9	0.47	0,438	150	232
Сосна	Обр.	25	200	6000	68	12	6,5	9	0.39	0,438	100	83
											350	848

2.2.7. Визначення кількості сушильних камер

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

$$n = \frac{848}{1142} = 1, \text{шт.},$$

де: U_{Σ} - загальний об'єм умовного матеріалу, м³;

P_y - продуктивність сушильної камери в умовному матеріалі, м³/рік.

2.3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

2.3.1. Вибір розрахункового матеріалу

Для розрахунку теплового і циркуляційної обладнання сушильної камери за розрахунковий матеріал приймають обрізні дошки (заготовки) хвойних порід товщиною 25 мм. Якщо в завданні на проектування хвойні пиломатеріали товщиною 25 мм відсутні, то в якості розрахункового матеріалу вибирають найшвидше висушувані дошки (заготовки) з заданої специфікації, тобто ті, в яких тривалість процесу сушіння найменша. Теплове і циркуляційне обладнання, що розраховане на такий матеріал, з надлишком забезпечить сушіння інших пиломатеріалів із заданої специфікації.

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

Таблиця 2.8

Маса вологи	Позначення	Кількість
Маса вологи, яка випаровується з 1 м ³ пиломатеріалів	$m_{1\text{м}^3}$	240,7 кг/м ³
Маса вологи, яка випаровується за один камерообіг	$m_{\text{об.кам.}}$	7293 кг/об. кам.
Маса вологи, яка випаровується з пиломатеріалів за секунду	M_c	0,017 кг/с
Розрахункова маса вологи, яка випаровується з пиломатеріалів в процесі сушіння	M_p	0,021 кг/с

2.3.3. Визначення параметрів сушильного агента при вході у штабель та виході з нього

Розрахунок параметрів вологого повітря заносимо у таблицю 2.9.

Таблиця 2.9

Параметри сушильного агента	значення на вході у штабель	значення на виході зі штабеля
Температура	$t_1 = 56^\circ\text{C}$	$t_2 = 53,2^\circ\text{C}$
Вологовміст	$d_1 = 81,3, \text{г/кг}$	$d_2 = 82,4, \text{г/кг}$
Тепловміст	$I_1 = 267, \text{кДж/кг}$	$I_2 = 267, \text{кДж/кг}$
Густина повітря	$\rho_1 = 1,014, \text{кг/м}^3$	$\rho_2 = 1,019, \text{кг/м}^3$
Приведений питомий об'єм	$V_{\text{пр.1}} = 1,03, \text{м}^3/\text{кг}$	$V_{\text{пр.2}} = 1,027, \text{м}^3/\text{кг}$

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

Розрахунок об'єму та маси сушильного агента заносимо у таблицю 2.10.

Таблиця 2.10

Об'єм циркулюючого повітря	$V_{\text{ц}} = 23,7, \text{м}^3/\text{с}$
Площа живого перетину штабеля	$F_{\text{ж.п.шт.}} = 10,8, \text{м}^2$
Маса циркулюючого сушильного агента	$m_{\text{ц}} = 895, \text{кг/кг}$

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

Параметри для розрахунку припливно витяжних каналів наводимо у табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Маса свіжого і відпрацьованого сушильного агента на 1 кг випаровуваної вологи	$m_0 = 13,2, \text{кг/кг}$
Об'єм припливного повітря	$V_0 = 0,24, \text{м}^3/\text{с}$
Об'єм відпрацьованого повітря	$V_{\text{відпр.}} = 0,63, \text{м}^3/\text{с}$
Площу поперечного перетину припливних-витяжних каналів	$f_i = 0,15, \text{м}^2$

2.3.7. Визначення витрат теплової енергії на сушіння пиломатеріалів

Витрати теплової енергії для сушіння деревини визначають для зимових та середньорічних умов і заносимо в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Вид теплової енергії та потужності	Для зимових умов	Для середньорічних умов
Витрати теплової енергії на нагрівання 1 м ³ пиломатеріалів	$q_{\text{нагр.1м}^3}^{\text{зим.}} = 207661, \text{кДж/м}^3$	$q_{\text{нагр.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 99470 \text{кДж/м}^3$
теплова потужність необхідна на нагрівання всього об'єму пиломатеріалів	$Q_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = 92, \text{кВт}$	
Питомі витрати теплової енергії на випаровування 1 кг вологи в процесі сушіння пиломатеріалів	$q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 3481, \text{кДж/кг}$	$q_{\text{вип.}}^{\text{с.р.}} = 3276, \text{кДж/кг}$
Теплова потужність сушильної камери необхідна на випаровування всієї вологи із пиломатеріалів	$Q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 69, \text{кВт}$	
Витрати теплової енергії на випаровування вологи з 1 м ³ пиломатеріалів		$q_{\text{вип.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 788533, \text{кДж/м}^3$
Витрати теплової енергії, як втрат тепла через огороження сушильної камери, з розрахунку на 1 м ³ пиломатеріалів		$q_{\text{ог.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 67052 \text{кДж/м}^3$
Питомі витрати теплової енергії на сушіння 1 м ³ розрахункового пиломатеріалу		$q_{\text{суш.1м}^3} = 1146066, \text{кДж/м}^3$

Втрати тепла через огороження сушильної камери визначається окремо для кожного елемента для середньорічних та зимових умов.

Розрахунок втрат тепла через огороження сушильної камери виконують для зимових та середньорічних умов і результати заносять в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13.

Розрахунок витрат тепла через огороження сушильної камери

№ п/п	Назва і розміри огорожень	Площа, $F_{ог.}, m^2$	$k, Вт/(m^2 \cdot C)$	t_c, C	t_0, C		$t_c - t_0, C$		$Q_{ог.}, кВт$	
					зимова	середньо-річна	зимова	середньо-річна	зимові	середньо-річні
1	Бокова стінка 6,3x5,32	33.52	0,66	56	-22	7	78	49	1,73	1,12
2	Передня стінка 7,4x5,32	39.4	0,66	56	-22	7	78	49	2,02	1,34
3	Задня стінка 7,4x5,32	39.4	0,66	56	-22	7	78	49	2,02	1,34
4	Стеля 7,4x6,3	46.6	0,55	56	-22	7	78	49	2,0	1,21
5	Підлога 7,4x6,3	46.6	0,33	56	-22	7	78	49	1,2	0,84
Разом									8.97	5.85

2.3.8. Визначення річної потреби теплової енергії сушильного цеху

Загальна кількість теплової енергії для виконання річної програми сушіння пиломатеріалів

$$Q_{річ.} = 2512, \text{ ГДж/рік}$$

. Річна кількість відходів для виробництва теплової енергії

$$G_{річ.} = 105 \text{ м}^3$$

2.3.9. Розрахунок теплового обладнання сушильної камери

Для того щоб визначити кількість калориферів в камері, необхідно визначити теплову потужність калорифера та площу його поверхні нагрівання.

Згідно розрахунків

$$Q_K = 94, \text{ кВт}$$

$$F_K = 73,5, \text{ м}^2$$

Необхідна розрахункова кількість калориферів 2,3.

Для встановлення в сушильній камері приймається кількість калориферів з врахуванням конструкції камери. Встановлюємо 3 калорифери по 2 м.

2.3.10. Розрахунок циркуляційної помпи і діаметрів трубопроводів теплової системи сушильної камери

Розрахована продуктивність циркуляційної помпи

$$V_n = 5,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Діаметр головної магістралі за розрахунком $d_{\text{маг.}} = 50, \text{ мм}$

Діаметр підводу до камери за розрахунком $d_{\text{кам.}} = 50 \text{ мм}$,
Діаметр зволожувальної труби приймаємо 1/2 ($d_y = 15 \text{ мм}$).
Необхідний тиск циркуляційної помпи становить

$$H_n = 7,2 \text{ м}$$

За визначеними продуктивністю і тиском вибираємо циркуляційну помпу фірми Grundfost марка UPS50-120 потужністю 0,65кВт.

2.4. АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

За методикою [2] розраховується статичний опір на всіх ділянках, вказаних на рис.2.1.

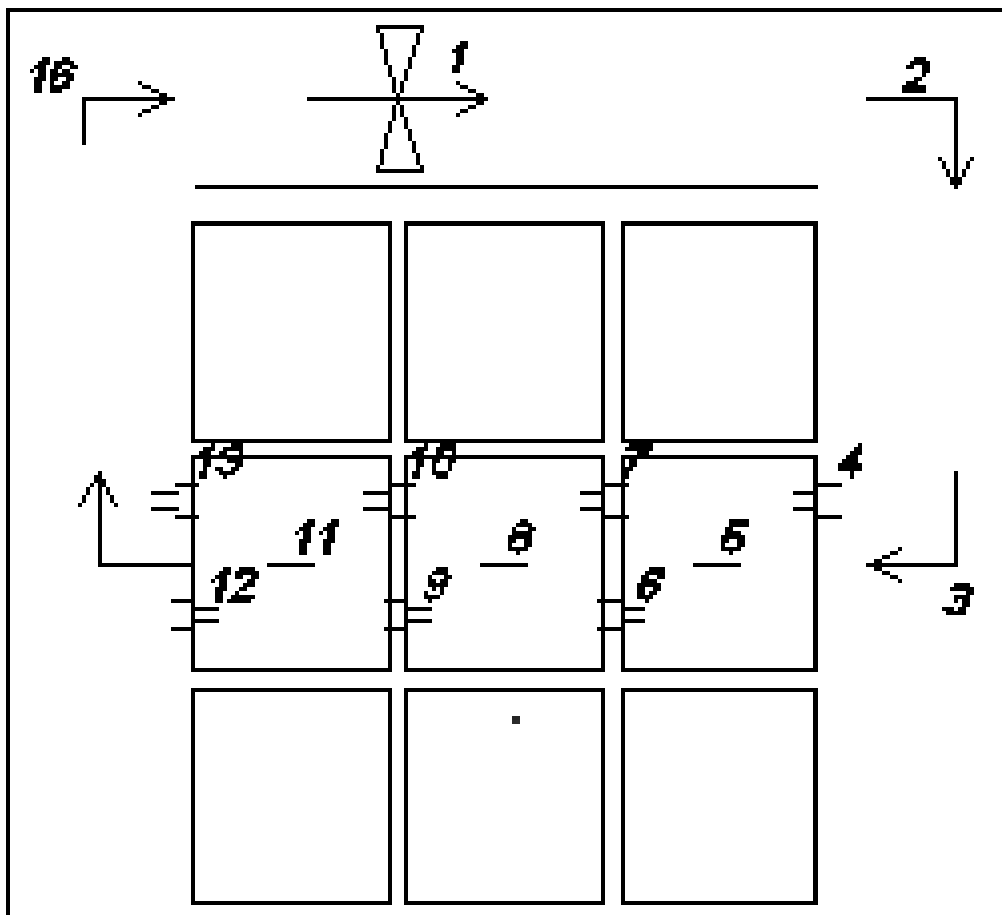


Рис.2.1. Схема руху сушильного агента в камері з поперечно-вертикальною циркуляцією: 1 – вентилятор, 2;3,14 – поворот під кутом 90° , 16 – калорифер, 4,7,10 – вхід в штабель, 5,8,11 – штабель, 6,9,12 – вихід з штабеля.

Для визначення опору на кожній ділянці ($\Delta h_{ст.i}$) необхідно визначити швидкість циркуляції сушильного агента на певній ділянці. Розрахунок опорів сушильного агента на ділянках сушарки заносимо в табл.2.14.

Визначення опорів руху сушильного агента на ділянках

№ Ділянки	Назва ділянки	Коефіцієнт тертя, ξ	Еквівалентний діаметр, d_e , м	Площа жив перер. ділянок, $F_{ж.пер}$, м ²	Швидкість агента сушіння на ділянці, ω_i м/с	Коеф. місц. опору, ψ	Статичний опір на відп. ділянці, Δh_i , Па	
	Поворот на 90	-	-	7,08	3,3	1,1	16,6	
	Калорифер	-	-	7,08	3,3	-	52,3	
	Штабель	0,12	38	10,8	2,2	12,2	96,8	
	Вхід в штабель	-	-	10,8	2,2	0,18	1,85	
	Вихід з штабеля	-	-	10,8	2,2	0,48	3,62	
Разом:							$N_{ст.} = \sum \Delta h_{ст.i}$	178,4

2.4.2. Вибір вентилятора і розрахунок потужності електродвигуна

Розрахунковий приведений тиск $H_{пр.} = 218$ Па.

Продуктивність вентилятора $V_{в.} = 5,6$ м³/с.

Кількість вентиляторів за розрахунком $n_{в.} = 5$ шт.

Необхідну потужність електродвигуна для приводу вентилятора

$$N_{в.} = 1,7 \text{ кВт}$$

За встановленою потужністю вибираємо електродвигун вентилятора

$$N_{вст.} = 1,9 \text{ кВт}$$

Вибираю вентилятор фірми Deltafan WR №8 потужністю 2,2 кВт.

2.5. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

2.5.1. Розрахунок річної потреби в силовій електроенергії

Реальний час роботи камери в рік:

$$\tau_{\text{розр.}} = 8040 - (149 + 78) = 7813 \text{ год}$$

Розрахунки річної потреби електроенергії зводжу в таблицю 2.15.

2.5.2. Розрахунок потреби електроенергії на освітлення

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення зводжу в таблицю 2.16.

$$W_{\text{зар.}} = 91958 + 3363 = 95321 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця 2.15.

Розрахунок річної потреби силової електроенергії

№ п/п	Назва споживача	Кількість споживачів	Серія і тип електродвигуна	Потужність електродвигуна, кВт	Кількість електродвигунів на всіх споживачів, шт	Встановлена потужність $N_{вст}$, кВт	Коефіцієнт попиту	Розрахункова потужність $N_{розр}$, кВт	Тривалість роботи обладнання, год/рік	Річна потреба в електроенергії W_a , кВт·год
1	вентилятор			2,2	5	11	1	11	7813	85943
2	помпа		“Grundfoss”	0.65	1	0,65	0,8	0,52	7813	4062
3	автоматика		Incoplan	0.25	2	0.5	0,5	0.25	7813	1953
										91958

Таблиця 2.16

Витрата електроенергії на освітлення

№ п/п	Назва споживача	Площа приміщення F , м ²	Мінімальна освітленість P , лк	Питома потужність P_n , Вт/м ²	Встановлена потужність	Коефіцієнт попиту	Розрахункова потужність $N_{розр}$, кВт	Тривалість роботи світильників, год/рік	Річна потреба в електроенергії $W_{ос}$, кВт·год	
1	Коридор керування	9	40	15	0,864	0,8	0,55	130	85	
2	Зовнішнє освітлення	116	0,8	0,2	0,02	1	0,02	3350	3278	
										3363

2.6. ЗВЕДЕНА ВІДОМІСТЬ НЕОХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ОБЛАДАННЯ СУШИЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Таблиця 2.17.

Зведена відомість обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Примітка
1.	Сушильна камера Incorplan	1	
2.	Вентилятор осьовий WR-800	5	
3.	Калорифери біметалеві	3	
4.	Насос циркуляційний "Grundfoss" UPS50 – 120	1	
5.	Автоматика регулювання процесу сушіння Incorplan	1	
6.	Вологомір ВГТ - 660	1	
7.	Ворота сушильної камери	1	
8.	Засувки припливно-витяжних каналів	4	
9.	Система зволоження в камерах	1	
10.	Автовантажувач	1	

2.7. ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

2.7.1. Укладання пиломатеріалів в штабелі

Правила укладання штабеля регламентуються керівними технічними матеріалами за технологією камерного сушіння деревини.

Штабель повинен складатися з матеріалів однієї породи деревини та однієї товщини. Підштабельна основа повинна бути рівною довжині штабеля. В якості підштабельної основи рекомендовано використовувати підштабельні візки.

При камерному сушіння використовують пакетний штабель, який формується за допомогою підйомно-транспортних засобів із кількох пакетів, попередньо укладених на пакетоформуючій машині або вручну.

Форма поперечного перерізу пакетів та штабелів повинна бути прямокутною, а їх торці повинні бути вирівняними по вертикалі з обох бокових сторін штабеля.

Габаритні розміри пакету в камері наступні: довжина – 4 м; ширина – 1,2 м; висота – 1,2 м.

Пиломатеріали укладають суцільними рядами без проміжків (шпацій) між дошками. Не обрізні дошки укладають комлями в різні сторони. Якщо дошки мають різну ширину, то вузькі укладають в середину, а широкі – по краях пакета чи штабеля. Якщо по ширині пакета ціле число дощок не можна розмістити, то залишають проміжок по середині.

Допустимо укладати в один пакет чи штабель пиломатеріали з різною довжиною. При цьому довші дошки укладають по краях пакета чи штабеля, а короткі – по середині. Стиковані пиломатеріали розміщують не менше як на двох прокладках, при цьому зовнішні торці вирівнюють по торцях пакета чи штабеля.

Горизонтальні ряди пиломатеріалів в пакетах та штабелях повинна бути розділені міжрядовими прокладками, спеціально виконаними, а пакети по висоті штабеля залишають вільні місця. Контрольний зразок повинен розміщатись не менше ніж на двох прокладках. Число міжрядових прокладок по довжині пакета чи штабеля залежить від породи і товщини пиломатеріалів.

По висоті штабеля прокладки слід укладати одна над одною. Крайні прокладки рекомендується укладати на віддалі не більше 25 мм від торців пиломатеріалів. Кінці прокладок не повинні виступати за бокові поверхні пакета чи штабеля більш ніж на 25 мм.

2.7.2. Проведення процесу сушіння

Проведення процесу сушіння пиломатеріалів та заготовок характеризується наступними технологічними і контрольними операціями:

- визначення початкової і біжучої вологості деревини;
- призначення режиму сушіння;
- завантаження камери та початковий прогрів деревини;
- управління сушильною камерою;
- контроль за режимом сушіння та станом матеріалу;
- вологотеплообробка деревини кондиціонує обробка деревини.

Режимом сушіння називається точне призначення параметрів сушильного агента, скоординоване за часом або станом деревини. Стандартні режими скоординовані по вологості деревини. При сушінні пиломатеріалів застосовують режими із збільшенням по ходу процесу жорсткості.

В режимах в якості визначальних параметрів сушильного агента прийняті температура t_c , ступінь насиченості ϕ , психрометрична різниця $\Delta i = i_c - i_m$, де i_m – температура змоченого термометра психрометра.

Режими регламентують стан сушильного агента при вході в штабель. В камерах рекомендовано застосовувати низькотемпературні режими процесу сушіння деревини, які передбачають використання в якості сушильного агента вологого повітря з температурою на початковій стадії нижче 60°C . Встановлено три категорії цих режимів: м'які, нормальні і форсовані.

Нормальні режими, що забезпечують дефективне сушіння пиломатеріалів при практично повному збереженні показників міцності деревини з незначною зміною її кольору, рекомендується для сушіння пиломатеріалів внутрішнього споживання до будь-якої кінцевої вологості.

Завантаження камери та початкове прогрівання деревини

В камеру завантажують штабелі, укладені згідно з правилами укладання. Не допускається завантаження в камеру неповногабаритних штабелів. Першою технологічною операцією після завантаження камери є початкова обробка матеріалу – прогрів.

При прогріві пиломатеріалів хвойних та листяних порід встановлюють температуру середовища на $3...5^\circ\text{C}$ більше від температури початкового ступеня режиму сушіння (але не вище 75°C).

Швидкість нагрівання не повинна перевищувати $4-8^\circ\text{C}$ за годину для м'яких і хвойних порід та $3-6^\circ\text{C}$ за годину для пиломатеріалів твердих листяних порід. Деревину нагрівають до тих пір, доки різниця між температурою середовища t_{np} та температурою в центрі дошки (заготовки) не досягне 3°C , після чого переходять на першу ступінь режиму сушіння, підтримуючи при цьому психрометричну різницю не більшої від заданої режимом.

Кондиціонуєча обробка деревини

Для вирівнювання вологості деревини по об'єму штабеля і товщині пиломатеріалів проводять кондиціонуєчу обробку. З цією метою в камері підтримують за допомогою калориферів та зволожувальних пристроїв такий

стан середовища, при якому недосушені сортименти підсихають, а пересушені звожуються.

Температура середовища на протязі кондиціонуючої обробки підтримується на рівні останнього ступеня режиму сушіння, а ступінь насиченості повинна відповідати (по діаграмі рівноважної вологості) середній заданій кінцевій вологості, збільшеній на 1 %.

Для пиломатеріалів I категорії якості кондиціонуюча обробка обов'язкова, її тривалість орієнтовно в два рази менше від тривалості кінцевої вологотеплообробки.

2.7.3.Управління камерою

Комп'ютерна автоматика являє собою компактну установку з індикацією і пультом управління, що дозволяє повністю автоматизувати процес управління сушінням в режимі постійного порівняння фактичних і заданих параметрів. Система управління дозволяє оператору управляти процесом сушіння в автоматичному і ручному режимі, гарантує оптимальні терміни, найкращу якість процесу сушіння, а при дотриманні режимів сушіння і правил користування обладнанням Katres зводить відсоток браку до нуля.

При управлінні в камері підтримують задану по режиму температуру та стан насиченості сушильного агента. Для підтримання необхідної температури сушильного агента здійснюється порівняння фактичної (вимірюваний параметр) з заданою (режимний параметр) температурою. Якщо фактична температура нижча заданої, то подається команда виконавчому механізму на відкриття трьохходового клапана подачі теплоносія до калориферів. Величина відкриття (кут повороту) трьохходового клапана прямо пропорційна різниці між фактичною і заданою температурою. Чим більша різниця температур, тим на більшу величину відкривається трьохходовий клапан. Якщо ж фактична температура вища заданої, то подається команда виконавчому механізму на закриття трьохходового клапана подачі теплоносія до калориферів.

Для підтримання необхідної вологості сушильного агента здійснюється порівняння фактичної (вимірюваний параметр) з заданою (режимний параметр) вологістю. В різних системах автоматики контроль за станом вологості сушильного агента здійснюється або з допомогою психрометра (вимірюється відносна вологість сушильного агента) або шляхом вимірювання рівноважної вологості деревини в сушильній камері. Якщо фактична вологість вища заданої, то подається команда виконавчому механізму на відкриття засувки припливно-витяжних каналів. Величина відкриття (кут повороту)

засувки прямо пропорційна різниці між фактичною і заданою вологістю сушильного агента. Чим більша різниця, тим на більшу величину відкривається засувка припливно-витяжних каналів. Якщо ж фактична вологість нижча заданої, то подається команда виконавчому механізму на закриття засувок припливно-витяжних каналів. У разі повного закриття засувок припливно-витяжних каналів і не досягнення заданої вологості сушильного агента подається команда на вмикання електромагнітного клапана подачі води до форсунок системи зволоження.

Підтримуючи задані режимні параметри, автоматична система здійснює керування роботою вентиляторів і циркуляційних pomp. Керування роботою вентиляторів полягає у ввімкненні вентиляторів при запуску сушильної камери і забезпечення зміни напрямку обертання через певний проміжок часу (реверс вентиляторів). Реверсивна робота вентиляторів забезпечує рівномірність висушування пиломатеріалів, розміщених в різних місцях сушильного простору.

Контроль та керування режимом сушіння в камерах здійснюється автоматично за допомогою мікропроцесорної автоматичної системи.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Загальна характеристика умов праці

3.1.1. Нормування метеорологічних умов

Нормування метеорологічних умов у виробничих приміщеннях є важливим аспектом забезпечення безпеки, комфорту працівників та підтримки високої якості виробничих процесів. Метеорологічні умови включають параметри температури, вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання. Основні принципи нормування цих умов у виробничих приміщеннях:

- Санітарні норми і правила: Встановлюють гігієнічні вимоги до метеорологічних умов праці у різних виробничих галузях.
- Державні стандарти . Регламентують параметри мікроклімату та методи їх вимірювання.
- Міжнародні стандарти: Наприклад, стандарти ISO, які містять рекомендації щодо управління мікрокліматом на робочих місцях.

3.1.2. Мікроклімат виробничого середовища на деревообробних підприємствах

Температурний режим:

- Температура повітря у виробничих приміщеннях залежить від характеру роботи, рівня фізичних навантажень працівників та типу виробництва.
- Для робіт з низькими фізичними навантаженнями, таких як лабораторні роботи, оптимальна температура становить 18-20°C.
- Для робіт з високими фізичними навантаженнями, таких як роботи на відкритому повітрі, оптимальна температура може бути нижчою - від 12 до 16°C.

Вологість повітря:

- Оптимальний рівень відносної вологості повітря у виробничих приміщеннях становить 40-60%.

- Низька вологість може призвести до пересихання слизових оболонок і шкіри, тоді як висока вологість сприяє розвитку цвілі та корозії обладнання.

Швидкість руху повітря:

- Роботи з низькими фізичними навантаженнями вимагають швидкість руху повітря в межах 0,1-0,2 м/с.
- При роботі з середніми фізичними навантаженнями швидкість повітря може бути більшою - 0,2-0,4 м/с.
- При роботах з високими фізичними навантаженнями швидкість повітря може досягти 0,5-1,0 м/с.

Важливим є контроль рівень теплового випромінювання від технологічного обладнання, при яких Температура поверхонь не повинна перевищувати 35°C, щоб працівники не перегрівалися.

Наявність механічної вентиляції забезпечить обмін повітря і підтримає достатні параметри мікроклімату. Теплоізоляція технологічного обладнання допоможе знизити втрати тепла та перегрів приміщень.

Обов'язковим є до використання працівниками персональних засобів захисту (вентильовані шоломи охолоджуючі жилети,). Дотримування нормативів метеоумов у виробничих приміщеннях покращує здоров'я і продуктивність працівників та забезпечує стабільний виробничий процес.

3.2. Техніка безпеки

Робота з сушильними камерами вимагає дотримання певних правил техніки безпеки для запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпечного робочого середовища. Основні правила включають:

1. Загальні вимоги

- Ознайомлення з інструкціями: Усі працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями щодо експлуатації сушильних камер і пройти відповідне навчання.

- Медичні огляди: Працівники повинні проходити регулярні медичні огляди для виявлення протипоказань до роботи у спеціальних умовах.

2. Підготовка до роботи

- Перевірка обладнання: Перед початком роботи необхідно перевірити справність сушильної камери, систем вентиляції, датчиків температури і вологості, та інших елементів обладнання.

- Використання захисного одягу: Працівники повинні носити відповідний захисний одяг, включаючи рукавиці, захисні окуляри, та інші засоби індивідуального захисту.

3. Експлуатація

- Постійний контроль температури, вологості та швидкості руху повітря під час роботи сушильної камери.

- Доступ до камери: Забороняється відкривати сушильну камеру під час роботи або поки температура всередині не знизиться до безпечного рівня.

- Безпека при завантаженні і розвантаженні: Під час завантаження і розвантаження матеріалів слід використовувати механічні підйомники або інші пристосування для зменшення фізичного навантаження.

4. Обслуговування та ремонт

- Відключення від мережі: Під час обслуговування або ремонту сушильну камеру необхідно повністю відключити від електромережі.

- Планове обслуговування: Регулярне проведення планового обслуговування та калібрування обладнання для запобігання несправностям.

5. Пожежна безпека

- Системи пожежогасіння: Наявність і регулярна перевірка систем автоматичного пожежогасіння у приміщеннях з сушильними камерами.

- Первинні засоби пожежогасіння: У приміщеннях повинні бути розміщені вогнегасники, пожежні гідранти та інші засоби первинного пожежогасіння.

- План евакуації: Розробка та розміщення на видних місцях планів евакуації на випадок пожежі.

6. Електробезпека

- Заземлення: Всі електричні компоненти сушильної камери повинні бути правильно заземлені.

- Захист від перенапруги: Використання захисту від перенапруги для запобігання пошкодженню обладнання та виникненню пожеж.

7. Вентиляція

- Система вентиляції: Наявність ефективної системи вентиляції для видалення вологи, тепла і можливих шкідливих випарів з приміщення.

- Перевірка роботи вентиляції: Регулярна перевірка та обслуговування вентиляційних систем для забезпечення їх ефективної роботи.

8. Навчання персоналу

- Постійне навчання: Регулярне проведення навчання та інструктажів з питань техніки безпеки при роботі з сушильними камерами.

- Сертифікація: Підтримка сертифікації персоналу для роботи з сушильними камерами, включаючи знання пожежної безпеки та надання першої допомоги.

9. Надання першої допомоги

- Медична допомога: Наявність у приміщенні аптечки першої допомоги та працівників, які вміють надавати першу допомогу.

- Інструкції на випадок нещасного випадку: Чіткі інструкції та номери телефонів для виклику медичної допомоги у разі нещасного випадку.

Дотримання цих правил допоможе забезпечити безпечні умови праці та зменшити ризики, пов'язані з роботою з сушильними камерами.

3.3. Протипожежний захист

3.3.1. Визначення категорії приміщення будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Визначення категорії приміщення з пожежної безпеки для сушильного цеху базується на оцінці ризиків виникнення пожежі та вибуху, а також на характеристиках матеріалів, що обробляються, та умовах їх обробки.

Основними критеріями, які враховуються при визначенні категорії, є:

1. Кількість та тип горючих матеріалів: Наявність деревини та інших горючих матеріалів у значних кількостях.
2. Технологічні процеси: Використання сушильних камер, які можуть створювати умови для займання (висока температура, іскри тощо).
3. Системи вентиляції та видалення відходів: Наявність пилу та можливість його накопичення, що підвищує ризик займання.
4. Наявність іскроутворюючих процесів або обладнання: Використання електричних нагрівачів, двигунів тощо.

Згідно з українськими нормами, такими як ДСТУ Б В.1.1-36:2016 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Пожежна безпека об'єктів будівництва", приміщення можуть бути віднесені до однієї з п'яти категорій пожежної небезпеки:

- Категорія А (вибухопожежонебезпечні): Приміщення, де обробляються, зберігаються або використовуються речовини та матеріали, які при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним можуть спричинити вибухи або займання.
- Категорія Б (вибухонебезпечні): Приміщення, де обробляються або використовуються горючі гази, легкозаймисті рідини або інші речовини, здатні створювати вибухонебезпечні суміші з повітрям.
- Категорія В (пожежонебезпечні): Приміщення, де обробляються або зберігаються горючі рідини, тверді горючі речовини, волокна та інші матеріали, які можуть горіти при взаємодії з киснем повітря.
- Категорія Г (незначно пожежонебезпечні): Приміщення, де знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, а також ті, які обробляються, зберігаються або використовуються при високих температурах.

- Категорія Д (негорючі): Приміщення, де обробляються або зберігаються негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

Для сушильного цеху, де проводиться обробка деревини, що є горючим матеріалом, найвірогідніше підходить категорія В (пожежонебезпечні). Це обумовлено наявністю горючих твердих матеріалів (деревини) та умов, які сприяють їх займанню (високі температури в сушильних камерах).

3.3.2. Оснащення приміщень первинними засобами пожежогасіння та визначення необхідної кількості вогнегасників

Первинні засоби пожежогасіння включають вогнегасники, пожежні крани, пожежні щити з необхідним обладнанням (лопати, багри, відра, тощо) та інші пристрої для гасіння пожеж на початковій стадії.

Основні види вогнегасників, які можуть бути використані в сушильному цеху:

1. Порошкові вогнегасники (ВП) - ефективні для гасіння пожеж різних класів, включаючи тверді речовини, рідини та гази.
2. Вуглекислотні вогнегасники (ВВ) - підходять для гасіння електрообладнання під напругою та рідин.
3. Пінні вогнегасники (ВПП) - ефективні для гасіння рідин, але не рекомендуються для електрообладнання під напругою.
4. Водні вогнегасники - використовуються для гасіння твердих горючих матеріалів, але не рекомендуються для електрообладнання та рідин.

Визначення кількості вогнегасників для сушильного цеху проводиться на основі нормативних документів, зокрема ДСТУ EN 3-7:2014 та ДСТУ 3975-2000, які регламентують забезпечення приміщень первинними засобами пожежогасіння. Основні критерії для визначення кількості вогнегасників включають площу приміщення, клас пожежної небезпеки, а також специфічні ризики, пов'язані з процесом сушіння деревини.

Приклад розрахунку

Площа сушильного цеху складає 260 м², і він відноситься до категорії В з пожежної небезпеки.

Згідно з нормативами, для приміщень категорії В:

- Один порошковий вогнегасник ВП-6 розрахований на 100 м² площі.
- Один вуглекислотний вогнегасник ВВ-5 розрахований на 50 м² площі з електрообладнанням.

Розрахунок кількості вогнегасників:

- Порошкові вогнегасники: $250 \text{ м}^2 / 100 \text{ м}^2 = 3$ вогнегасників ВП-6.
- Вуглекислотні вогнегасники: якщо в цеху є значна кількість електрообладнання, $250 \text{ м}^2 / 50 \text{ м}^2 = 5$ вогнегасників ВВ-5.

Таким чином, для сушильного цеху площею 250 м² рекомендовано встановити 3 порошкових вогнегасників ВП-6 та 5 вуглекислотних вогнегасників ВВ-5.

Вогнегасники повинні бути рівномірно розподілені по всьому приміщенню, щоб забезпечити легкий доступ у разі пожежі.

Вогнегасники повинні бути розміщені біля найбільш пожежонебезпечних зон, наприклад, поруч із сушильними камерами.

Вогнегасники повинні бути легко доступними і добре видимими, з чіткими інструкціями щодо їх використання.

Вогнегасники повинні регулярно перевірятися на справність, проводитися технічне обслуговування та своєчасно перезаряджатися відповідно до вимог нормативних документів.

Дотримання цих вимог допоможе забезпечити ефективний захист сушильного цеху від пожеж та забезпечити безпеку працівників.

3.3.3. Заходи пожежної безпеки на підприємстві сушильної ділянки

Заходи пожежної безпеки на сушильній ділянці повинні бути комплексними і спрямованими на попередження виникнення пожежі, швидке

виявлення займання та ефективну ліквідацію наслідків. Ось основні заходи, які слід впровадити:

Технічні заходи

1. Система виявлення пожежі:
 - Встановлення автоматичних пожежних сигналізацій.
 - Використання теплових та димових детекторів для раннього виявлення займання.
2. Система пожежогасіння:
 - Встановлення спринклерних систем пожежогасіння.
 - Використання системи пожежного водопроводу з пожежними кранами та гідрантами.
3. Первинні засоби пожежогасіння:
 - Розміщення достатньої кількості вогнегасників (порошкових, вуглекислотних) у легкодоступних місцях.
 - Оснащення пожежних щитів необхідним обладнанням (лопати, багри, відра тощо).

Організаційні заходи

1. Інструктаж та навчання персоналу:
 - Регулярне проведення інструктажів з пожежної безпеки для всіх працівників.
 - Проведення навчань з евакуації та користування первинними засобами пожежогасіння.
2. Евакуація:
 - Розробка та розміщення планів евакуації на видних місцях.
 - Перевірка справності та доступності евакуаційних виходів.
3. Контроль за пожежною безпекою:
 - Призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку на ділянці.
 - Регулярні перевірки дотримання правил пожежної безпеки.

Профілактичні заходи

1. Зберігання та обробка матеріалів:

- Забезпечення належного зберігання горючих матеріалів.
 - Дотримання технологічних режимів сушіння для уникнення перегріву та займання деревини.
2. Вентиляція та пиловловлювання:
- Встановлення систем вентиляції для видалення горючих парів та пилу.
 - Використання пиловловлювачів для зменшення запиленості повітря.
3. Обмеження джерел займання:
- Використання вибухозахищеного обладнання.
 - Заборона використання відкритого вогню та іскроутворюючих пристроїв.

Експлуатаційні заходи

1. Технічне обслуговування обладнання:
- Регулярне технічне обслуговування сушильних камер та іншого обладнання.
 - Оперативне усунення несправностей, які можуть стати причиною пожежі.
2. Контроль температурного режиму:
- Використання автоматичних систем контролю температури в сушильних камерах.
 - Періодичний контроль температури вручну.

Документальні заходи

1. Ведення документації:
- Зберігання журналів обліку проведених інструктажів та навчань.
 - Документування перевірок та технічного обслуговування обладнання.
2. План дій при пожежі:
- Розробка та впровадження чіткого плану дій у разі виникнення пожежі.
 - Ознайомлення всіх працівників з планом дій та обов'язками у разі пожежі.

Забезпечення пожежної безпеки на сушильній дільниці є невід'ємною частиною безпечної експлуатації підприємства і вимагає систематичного підходу та постійного контролю.

3.4. Технологія та захист навколишнього середовища

Технологія сушіння в сушильному цеху повинна враховувати якість продукції і вплив на навколишнє середовище.

Технологічні аспекти сушіння включають використання сучасних сушильних камер з контролем температури і вологості та ефективних систем вентиляції для забезпечення однорідного сушіння матеріалів.

Енергоефективність полягає у впровадженні енергозберігаючих технологій для зменшення споживання електроенергії під час сушіння та використання теплової енергії відновлювальних джерел або теплових насосів для зниження викидів парникових газів.

Встановлення систем автоматизації та моніторингу для забезпечення високої якості сушіння матеріалів. Розробка та впровадження стандартів якості, які враховують рівномірність сушіння та мінімізацію втрат продукції.

Для захисту навколишнього середовища встановлення систем очищення вихлопних газів перед їх викидом у атмосферу; використання технологій пиловловлювання для зменшення викидів пилу та інших шкідливих речовин.

Екологічна політика та стандарти зобов'язують дотримання міжнародних та національних екологічних стандартів у всіх аспектах сушіння та експлуатації обладнання.

Загальний підхід до технології сушіння в сушильному цеху має включати не лише ефективність процесу, але й урахування його впливу на навколишнє середовище. Ефективне управління технологією сушіння та заходи з охорони довкілля є ключовими для забезпечення сталого розвитку підприємства.

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ ...

Таблиця 4.1

№ з/п	Назва показника	Один. вимір.	За проектом
1	Система сушильних камер	марка	Incoplan
2	Кількість сушильних камер	шт	1
3	Площа сушильного цеху В т.ч. побутові приміщення, проходи, проїзди тощо	м ² м ²	220
4	Річна програма сушіння: • в натуральному матеріалі • в умовному матеріалі	м ³ м ³ ум.	350 848
5	Число днів роботи камер на рік	дні	355
6	Транспортні засоби (назва, марка, кількість) автонавантажувач		1
7	Електронно-обчислювальні машини		
8	Потреба пари на сушіння	тон	-
9	Загальна потреба дров	М ³	105
10	Витрата електроенергії на сушіння	Квт-год	95321

Таблиця 4.2

№ з/п	Види лісоматеріалу	Річна програма сушіння лісоматеріалу, м ³		Камерооборот, діб
		В натуральному матеріалі	В умовному матеріалі	
1	дуб, обр. 50x180x6000	75	435	50,5
2	дуб, обр. 25x180x6000	25	98	24,4
3	сосна, обр. 50x2000x6000	150	232	14,5
4	сосна, обр. 25x200x6000	100	83	6,5
	Разом	350	848	-

Таблиця 4.3.

Розрахунок вартості нового обладнання

Назва обладнання	Марка	К-сть	Вартість, тис. грн.	
			одиниці	всього
1. Технологічне і енергетичне обладнання сушильних камер в комплекті	Incoplan	1	1600,00	1600,00
Разом		1	–	1600,00
2. Транспортне обладнання		1	550,00	550,00
3. Інші основні засоби (10%)		–	–	215,00
Всього		–	–	2320,00
4. Транспортно-монтажні витрати (15%)		–	–	348,00
Загальна сума витрат		–	–	2668,00

Розрахунок вартості електроенергії, води і дров

№	Напрямок використання	Одиниці виміру	Споживання на рік	Ціна, тариф за одиниці, грн.	Сума, тис. грн.
1	Електроенергія	кВт-год	95321	7,20	686,31
	Разом	кВт-год	95321	–	686,31
2	Дрова				
	- на технологічні цілі	м ³	105	750,00	78,75
	Разом	м ³	105	–	78,75
	Всього		–	–	765,06

Таблиця 4.5. Розрахунок чисельності та фонду оплати праці робітників

№ п/п	Показники	Умови роботи	Система оплати праці	Розряд робітника	Тарифна ставка за годину , грн.	Штаг в зміну, осіб	Змінна норма виробітку, м ³	Обсяг робіт, м ³	Число змін роботи	Відробити		Фонд часу 1 робітника в рік, годин, днів	Облікове число робітників, осіб	Основна зарплата, тис. грн.
										Людино-днів	Людино-годин			
1	Укладання штабелів	Нормальні												
	А) п/м дуб	Нормальні	Відрядна	III	63,20	-	10	100	1	10	80	1774	0,05	5,60
	Б) п/м сосна	Нормальні	Відрядна	III	63,20	-	12	250	1	20,83	166,64	1774	0,09	10,10
2	Розбирання штабелів з сортуванням п/м	Нормальні	Відрядна	III	63,20	-	18	350	1	19,44	155,52	1774	0,09	10,10
3	Водій транспорту	Нормальні	Відрядна	IV	74,60	0,2	-	-	1	51	408	1774	0,23	30,44
4	Оператор сушильних камер	Шкідливі	Погод.	V	81,70	1	-	-	3	1005	6030	1774	3,40	492,78
5	Разом												3,86	549,02
6	Додаткова зарплата (20%)												-	109,80
7	Всього фонд оплати праці роб												-	658,82
8	Фонд оплати праці службовців												1	300,00

Кошторис собівартості сушіння умовного матеріалу

№ з/п	Найменування показників	На 1 м ³ , гривень	На програму, тис. грн.
	Просушити матеріалу:		
	• умовного, м ³		848
	• натурального, м ³		350
	Статті витрат		
1	Електроенергія, пара, вода	902,19	765,06
2	Витрати на оплату праці працівників	1130,68	958,82
3	Відрахування на загальнообов'язкове соціальне	248,75	210,94
4	Амортизація основних засобів	736,52	624,57
5	Витрати на ремонти основних засобів	48,60	41,21
6	Витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону	26,70	22,64
	Виробнича собівартість сушіння	3093,44	2623,24
	Плановий прибуток	309,34	262,32
	Відпускна ціна сушіння без ПДВ	3402,78	2885,56

$A_{\text{проект}} = (\text{Вартість нової будівлі} * 0,0776) + (\text{Загальні витрати на придбання нового обладнання} * 0,2085)$

$A_{\text{проект}} = (220,00 * 4,00 * 0,0776) + (2668,00 * 0,2085) = 68,29 + 556,28 = 624,57$ тис. грн.

Таблиця 4.7

Розподіл витрат собівартості сушіння натурального лісоматеріалу

Вид лісоматеріалу	В натуральному матеріалі, м ³	В умовному матеріалі, м ³	Собівартість сушіння 1м ³ натурального матеріалу, грн.
дуб, обр. 50x180x6000	75	435	17941,95
дуб, обр. 25x180x6000	25	98	12126,28
сосна, обр. 50x2000x6000	150	232	4784,52
сосна, обр. 25x200x6000	100	83	2567,56
Разом	350	848	–
Середня собівартість сушіння 1м ³ лісоматеріалу			7494,96

Техніко – економічні показники

№ з/п	Назва показників	Одиниці вимірювання	За проектом
1	Система сушильних камер	марка	Incoplan
2	Кількість сушильних камер	штук	1
3	Річна програма сушіння:		
	в умовному матеріалі	ум.м ³	848
	в натуральному матеріалі	м ³	350
4	Відпускна ціна річного обсягу сушіння	тис.грн.	2885,56
5	Спискова чисельність ПВП	осіб	4
6	Фонд оплати праці – разом, у тому числі робітників	тис.грн	958,82
		тис.грн.	658,82
7	Середньомісячна зарплата 1 працівника ПВП	гривень	19975,42
8	Річна сума витрат на сушіння	тис.грн.	2623,24
9	Собівартість сушіння 1 м ³ умовного лісоматеріалу	гривень	3093,44
10	Прибуток до оподаткування	тис.грн.	262,32

Висновки

Результати виконаних розрахунків засвідчують, що даний інвестиційний проект забезпечує прибуток від реалізації продукції в сумі 262,32 тис. грн. на рік на основі застосування сучасної технології.

На цій підставі проект може бути рекомендовано до впровадження.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрашек Й.В., Кушпіт О.М. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія сушіння та захист деревини». – Львів: РВЦ НЛТУУ, 2022. -68с.
2. Гербей В.М., Озарків І.М., Зарева Ю.І., Дутчак М.П., Сафаро В.О. Основи проектування сушильних цехів у деревооброблювальній промисловості. Підручник – Львів “Оліс плюс” 1996р.
3. Білей П.В., Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини. Коломия: Вік, 2005. -360 с.
4. Білей П.В., Павлюст В.М. Сушіння і захист деревини. Підручник. – Львів, Ліга. Прес, 2008.-312 с.
5. Керівні технічні матеріали з технології камерного сушіння пиломатеріалів. За редакцією професора Білея П.В. –Львів.: РВВ УкрДЛТУ, 2003. -72 с.
6. Сторожук В.М., Оарків І.М., Сомар Г.В., Соколовський І.А., Гродзік В.С. Методичні вказівки щодо виконання розділу “Охорона праці” випускної роботи бакалаврів для студентів технічних напрямів підготовки Інституту інженерної механіки, автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій.- Львів:НЛТУУ,2014.-20с.
7. Сторожук В.М., Озарків І.М., Кенс І.Р. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та навколишнього середовища” випускної роботи бакалавра – Львів,2011-12с.
8. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: Підручник, вид.5-те доповн.- Львів: Афіша, 2001-350с.
9. Шевченко Г.С., Луцевич В.К., та ін. Економіка деревообробних підприємств. – Львів: “Афіша”, 2010. – 376 с.
10. Методичні вказівки для розробки економічної частини бакалаврської роботи. Напрямок сушіння деревини. – Львів 2019-27с.
11. ДСН 3.3.6-039-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
12. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні