

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБЛЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини
та безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до дипломного проекту бакалавра
на тему

Проект сушильної ділянки для ФОП Мізерак В.І.

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

Чернобай М.О.

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
бакалавр
187 Деревообробні та меблеві технології

Рівень вищої освіти
Спеціальність

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б. Я.

“ 26 ” 02 2025р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Чернобая Мойсея Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект сушильної дільниці для ФОП Мізерак В.І.

керівник роботи Кушпінт О.М., ст.викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “21” лютого 2025 року № С-124

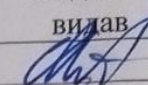
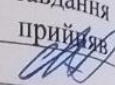
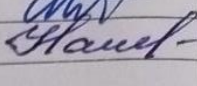
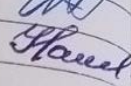
2. Строк подання студентом роботи до 10 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, розмірно-якісна характеристика продукції, забезпечення якості висушеного матеріалу

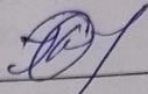
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальний розділ;проектно-технологічний розділ;розділ охорони праці;економічний розділ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень);загальний вигляд камери; схема системи зволоження, біметалевий калорифер, схема контролю та керування сушильною камерою,техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів роботи

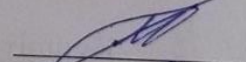
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	доц. Соколовський І.А.		
Економічний розділ	доц. Наливайко Н.Я.		

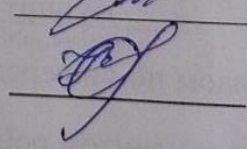
7. Дата видачі завдання 26 лютого 2025 року

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  Чернобай М.О.

Керівник проекту  Кушпіт О.М.

РЕФЕРАТ

до дипломної роботи бакалавра на тему

Проект сушильної ділянки для ФОП Мізерак В.І.

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

В даній роботі проведені основні розрахунки, необхідні для будівництва нового сушильного цеху на базі конвективних сушильних камер KATRES. Проект включає в себе 4 частини.

Обсяг пояснюючої записки виконаний в об'ємі 46 сторінок формату А-4. Графічна частина 5 аркушів формату А-1.

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. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1. Коротка характеристика підприємства	7
1.2. Обґрунтування вибору типу сушильного пристрою	8
2. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
2.1. Загальні питання проектування цеху	9
2.2. Технологічний розрахунок сушильних пристроїв	9
2.3. Тепловий розрахунок	16
2.4. Аеродинамічний розрахунок	21
2.5. Розрахунок електроенергії	23
2.6. Зведена відомість необхідної кількості	25
обладнання сушильної дільниці	26
2.7. Технологія сушіння пиломатеріалів	27
3. ОХОРОНА ПРАЦІ	31
3.1. Загальна характеристика умов праці	31
3.2. Техніка безпеки	34
3.3. Протипожежний захист	35
3.4. Захист навколишнього середовища	38
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	40
Загальні висновки	45
Перелік використаної літератури	46
Додатки	47

ВСТУП

Стан сушіння деревини в конвективних камерах у деревообробній галузі України — це поєднання традиційних підходів і поступового впровадження сучасних технологій. Конвективне сушіння — це процес, при якому тепло передається деревині через рух гарячого повітря. Такий метод залишається найпоширенішим у промисловості завдяки своїй надійності, відносній простоті та можливості контролювати параметри процесу.

Процес сушіння це довготривалий процес, що складається з кількох етапів: попереднє нагрівання деревини до початкової температури сушіння; основне сушіння, коли волога випаровується з деревини; кондиціонування, щоб зменшити внутрішні напруження і стабілізувати вологість.

Сучасні камери дозволяють контролювати температуру, вологість і швидкість повітря; використовувати автоматизовані режими сушіння для різних порід деревини та досягати кінцевої вологості 8–12%, що відповідає вимогам меблевого та будівельного виробництва.

Однак залишаються проблеми, які полягають у нерівномірності сушіння при неправильному укладанні штабелів. При використанні застарілих камер це досить енергозатратний процес. Є ризик утворення тріщин і короблення, якщо не дотримано режиму.

Наукові моделі дозволяють оптимізувати процес і зменшити втрати енергії та матеріалу.

Основними напрямками розвитку є перехід до енергоефективних камер з рекуперацією тепла, інтеграцією цифрових систем керування (датчики, контролери, програмне забезпечення) та комбіновані методи сушіння — наприклад, поєднання конвекції з вакуумом або мікрохвильовим нагрівом.

1.ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Коротка характеристика підприємства

На вул. Городоцькій 170 у м. Львові на території колишньої макаронної фабрики ФОП Мізерак В.І. арендує приміщення. На території даного підприємства розміщений столярний цех, цех обшивки деталей, склад готової продукції. Неподалік будівлі знаходиться укриття, яке займає чверть даної території.

В столярному цеху виробляються підлокітники з ДСП та МДФ для автомобілів. Крім цього, на замовлення проводиться виготовлення комп'ютерних столиків та полицок зі зрощеного букового щита.

Для отримання додаткового прибутку підприємець планує організувати виготовлення держаків, які використовуються в будівельних, садових і сільськогосподарських роботах. Існує ряд технічних вимог для виготовлення держаків. Для забезпечення міцності та довговічності бажано використовувати деревину твердих порід, таких як бук, ясен, граб. В залежності від призначення діаметр держаків може становити від 14 до 42 мм. Виріб має відповідати вимогам гнучкості, міцності та стійкості механічним навантаженням. Оброблена поверхня має бути гладкою, без тріщин і задирок, що забезпечує комфортне використання. Деревина повинна бути оброблена безпечними засобами, що не містять токсичних речовин.

Деревини для держаків має бути з вологістю, що не перевищує 15%. Якщо вона занадто волога, то може відбутися деформування та розтріскування під час подальшого висихання.

Для держаків діаметром 40 мм та 30 мм використовують заготовки відповідно 45–50 мм та 35–40 мм. Стандартні держаки мають довжину 1200–1500 мм, в залежності від призначення. Свіжа деревина має 40–60%, тому її потрібно правильно сушити до кінцевої вологості.

Встановлення сушильних камер на підприємстві дозволить отримати пиломатеріали із заданими якісними показниками і дасть змогу економити кошти на транспортування.

1.2. Обґрунтування вибору типу сушильного пристрою

Обґрунтування вибору сушильної камери для деревини залежить від кількох ключових факторів, які визначають ефективність, економічність і якість кінцевого продукту.

Конвективні камери — найпоширеніші, вони підходять для масового виробництва, забезпечують контроль температури, вологості та швидкості повітря. Вони забезпечують стабільну якість і знижують витрати на персонал. Маючи власну сировину для спалювання, підвищується ефективність підприємства. Сучасні камери з теплообмінниками або рекуператорами можуть зменшити витрати до 20–30%. Наявність ізоляції та енергоощадного обладнання також має значення для економії енергоресурсів. Фронтальний спосіб завантаження зручний для великих обсягів, дозволяє швидко завантажувати/вивантажувати штабелі.

Важливо зважати не лише на ціну обладнання, а й на експлуатаційні витрати, ремонтпридатність, доступність сервісу.

Для невеликої майстерні підійдуть компактні камери.

Отже, для вибору сушильної камери необхідно виходити із річного обсягу виробництва продукції, розмірів пиломатеріалів, які підлягають висушуванню.

Беручи до уваги вищенаведені аргументи, передбачаємо будівництво на даному підприємстві нової сушильної ділянки на основі сушильної камери KATRES 1x6K. Це сприятиме зниженню собівартості продукції, покращить її якість та незалежить від інших підприємств.

2. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

2.1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХУ

Розширення підприємств передбачає створення додаткових або нових виробничих потужностей, а також будівництво нових і розширення існуючих виробничих цехів на території підприємства або на площадках, які до них прилягають

У процесі проектування цехів вирішують питання які базуються на економічних, технічних та організаційних передумовах.

Технологічний, тепловий та аеродинамічний розрахунки проводяться відповідно до методики, яка представлена в методичних вказівках [2].

2.2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СУШИЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Таблиця 2.1.

Специфікація пиломатеріалів, які підлягають сушінню

№	Порода	Вид п/м	Розміри пиломатеріалів, мм			Характеристика п/м			
						Вологість		Категорія якості	Задана кількість п/м, Ф м ³ /рік
			Т	Ш	Д	W _п	W _к		
1	Ясен	н/о	50	Р.ш	3000	45	12	2	50
2	Бук	н/о	50	Р.ш	3000	55	12	2	50
3	Береза	н/о	32	Р.ш	3000	55	12	2	100
4	Граб	н/о	40	Р.ш	3000	50	12	2	50
Всього по цеху									250

Коротка технічна характеристика сушильної камери KATRES 1x6K

внутрішні розміри, м	6960*6200*4100
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

Сушильні камери KATRES є універсально-збірними з касет без теплових містків. Корпуси камер виготовляються суцільнометалевими, виконані з алюмінію і нержавіючої сталі. Це дозволяє компонувати камери модулями для сушіння пиломатеріалів від кількох кубічних метрів до сотень кубічних метрів. Універсальні варіанти конструкцій дозволяють компонувати сушильні камери на різні розміри штабелів.

Як теплоізоляція використовуються скляні або мінеральні мати товщиною 80 - 120 мм, чим досягається коефіцієнт теплових витрат $0,3 \text{ Вт} / \text{м}^2$.

У сушильній просторі розміщується від 1 до 4 рядів штабелів (макс. 6 рядів) в напрямку потоку повітря. Починаючи від 2 рядів штабелів застосовуються реверсивні вентилятори зі зміною напрямку продувки штабелів. Для автоматичного зниження швидкості потоку повітря при зниженні вологості деревини камери можуть оснащуватися вентиляторами з плавним регулюванням частоти обертання.

Осьові циркуляційні вентилятори з електродвигунами тропічного виконання, розміщені в верхній частині камери, яка відокремлена від сушильного простору.

Вентилятори оснащені крильчатками діаметром 630мм, які забезпечують продуктивність $4,3 \text{ м}^3/\text{с}$ при потужності двигуна 1,5 кВт, або 800мм продуктивністю $8,2 \text{ м}^3/\text{с}$ при потужності 3 кВт. Ці ж вентилятори забезпечують заміну повітря в сушильних камерах, у великогабаритних камерах встановлюються додаткові вентилятори примусової заміни повітря.

Для обігріву повітря використовуються спеціальні радіатори, виконані з біметалевих ребристих труб, які нагріваються гарячою водою або паром. Для зволоження повітря встановлюється розвідні труба з соплами для упорскування води або пари низького тиску.

Збільшення інтенсивності зволоження забезпечує насос високого тиску. При застосуванні пара низького тиску і регульованою розподільчої системи зволоження можливо здійснювати гідродинамічну обробку деревини (пропарювання), що забезпечує збереження кольору дерева, рівномірний розподіл вологості, вирівнювання напруги в деревині, зменшення розбухання і всихання.

На замовлення камери оснащуються системою рекуперації тепла з вологого повітря. видаляється з камери і нагрівання повітря, що подається в камеру.

Залежно від способу завантаження штабелів (по рейковому шляху або навантажувачем), застосовуються різні варіанти воріт: бічні, підйомні вгору, одно-або двостворчаті, "гармошкою". На задній стіні камер, навпроти воріт, встановлюються дверцята для можливості візуального контролю стану пиломатеріалів і вимірюючи датчиків в процесі сушіння.

Автоматизоване управління процесу сушіння є складовою частиною сушильних камер KATRES. Вихідними даними для процесу сушіння порода деревини, товщина пиломатеріалів, початкова і кінцева вологість, режим сушіння.

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 вологість, W_p , %	Кінцева вологість, W_k , %	Режимні параметри на початку сушіння			Режимні параметри при закінченні сушіння		
		S ₁	S ₂	L			t _{п.} , °C	φ_n , %	W _{р.п.} , %	t _{к.} , °C	φ_k , %	W _{р.к.} , %
1	Ясен	50	Р.ш	3000	45	12	44	81	15	65	25	4
2	Бук	50	Р.ш.	3000	55	12	57	84	15	68	35	5.5
3	Береза	32	Р.ш.	3000	55	12	57	84	15	68	35	5.5
4	Граб	40	Р.ш	3000	50	12	44	81	15	65	25	4

2.2.3. Визначення тривалості сушіння

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			$\tau_{ви}$ х., 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.}	
Ясен	50	Р.ш	3000	228	2.05	1.45	1.18	1.1	0.89	1.2	0.85	798
Бук	50	Р.ш.	3000	265	1.7	1.25	1.2	1.1	0.89	1.2	0.85	674
Береза	32	Р.ш.	3000	170	1.12	1.25	1.2	1.12	0.89	1.2	0.85	290
Граб	40	Р.ш	3000	196	2.75	1.45	1.18	1.12	0.89	1.2	0.85	937
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

Результати розрахунків тривалості камерообігу зводяться в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4.

Визначення тривалості камерообігу

Порода	Розміри матеріалу, мм			Складові камерообігу						Тоб., год.	Тоб., дб
	S ₁	S ₂	L	τ _{нагр., год.}	τ _{п.в., год.}	τ _{с., год.}	τ _{конд., год.}	τ _{ох., год.}	τ _{зав., год.}		
Ясен	50	Р.ш	3000	9.3	12.5	798	15	6.6	4	845	35.3
Бук	50	Р.ш.	3000	12.5	12.5	674	15	7.2	4	725	30.2
Береза	32	Р.ш.	3000	12.5	8	290	9.3	7.2	4	331	13.8
Граб	40	Р.ш	3000	9.3	10	937	12	6.6	4	979	40.8
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

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						
Ясен	50	Р.ш	3000	18	1	0.84	0.666	0.371	28.8
Бук	50	Р.ш.	3000	18	1	0.84	0.666	0.371	28.8
Береза	32	Р.ш.	3000	18	1	0.84	0.561	0.344	26.7
Граб	40	Р.ш	3000	18	1	0.84	0.615	0,312	24.2
Ум. Матер.	40	150	2000					0.438	34

2.2.5. Визначення продуктивності сушильної камери в умовному і фактичному матеріалі

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, мм (заготовок), мм			Розміри штабеля (пакета), м			об'єм пиломатеріалів	Коеф. об'ємн. заповн. штаб, $\beta_{об}$	Тривалість камерообігу, $T_{об}$, дів	Продуктивність камери, Π , м ³ /рік
	S ₁	S ₂	L	l	b	h				
Ясен	50	Р.Ш	3000	3	1,2	1,2	28.8	0.371	35.3	273
Бук	50	Р.ш.	3000	3	1,2	1,2	28.8	0.371	30.2	319
Береза	32	Р.ш.	3000	3	1,2	1,2	26.7	0.344	13.8	648
Граб	40	Р.ш	3000	3	1,2	1,2	24.2	0,312	40.8	199
Ум. мат.	40	150	2000	3	1,2	1,2	34	0,438	9	1141

2.2.6. Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний.

Результати розрахунку об'єму умовного матеріалу зводяться у таблицю 2.7

Таблиця 2.7.

Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний

Характеристика матеріалу							Тривалість камерообігу для фактичного матеріалу, $t_{об.ф.}$, дів	Тривалість камерообігу для умовного матеріалу, $t_{об.ум.}$, дів	Коефіцієнт об'ємного заповнення фактичного матеріалу, $\beta_{об.ф.}$	Коефіцієнт об'ємного заповнення умовного матеріалу, $\beta_{об.ум.}$	Об'єм матеріалу, м ³	
Порода	Вид пиломатеріалу	Розміри, мм			Вологість, %						фактичного	умовного
		S ₁	S ₂	L	W _п	W _к						
Ясен	н/о	50	Р.Ш	3000	45	12	35.3	9	0.371	0,438	50	231
Бук	н/о	50	Р.ш	3000	55	12	30.2	9	0.371	0,438	50	198
Береза	н/о	32	Р.ш	3000	55	12	13.8	9	0.344	0,438	100	195
Граб	н/о	40	Р.ш	3000	50	12	40.8	9	0,312	0,438	50	318
											250	942

2.2.7. Визначення кількості сушильних камер.

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

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

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

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

$$n = \frac{942}{1141} = 1 \text{ шт}$$

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	$m_{1\text{м}^3}$	223,6кг/м ³
Маса вологи, яка випаровується за один камерообіг	$m_{\text{об.кам.}}$	5970 кг/об. кам.
Маса вологи, яка випаровується з пиломатеріалів за секунду	M_c	0,006 кг/с
Розрахункова маса вологи, яка випаровується з пиломатеріалів в процесі сушіння	M_p	0,008кг/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	$t_1=57^{\circ}\text{C}$	$t_2=54,2^{\circ}\text{C}$
Вологовміст	$d_1 = 105,9, \text{г/кг}$	$d_2 = 107,2, \text{г/кг}$
Тепловміст	$I_1 = 332,3 \text{ кДж/кг}$	$I_2 = 332,3, \text{кДж/кг}$
Густина повітря	$\rho_1 = 1,01, \text{кг/м}^3$	$\rho_2 = 1,007, \text{кг/м}^3$
Приведений питомий об'єм	$V_{\text{пр.1}} = 1,11, \text{м}^3/\text{кг}$	$V_{\text{пр.2}} = 1,1, \text{м}^3/\text{кг}$

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	$V_{\text{ц}} = 20,9 \text{ м}^3/\text{с}$
Площа живого перетину штабеля	$F_{\text{ж.п.шт.}} = 9,48 \text{ м}^2$
Маса циркулюючого сушильного агента	$m_{\text{ц}} = 783, \text{кг/кг}$

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	$m_0 = 10,1, \text{кг/кг}$
Об'єм припливного повітря	$V_0 = 0,38, \text{м}^3/\text{с}$
Об'єм відпрацьованого повітря	$V_{\text{відпр.}} = 0,49, \text{м}^3/\text{с}$
Площу поперечного перетину припливних-витяжних каналів	$f_i = 0,245, \text{м}^2$

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	$q_{\text{нагр.1м}^3}^{\text{зим.}} = 230152, \text{кДж/м}^3$	$q_{\text{нагр.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 116000, \text{кДж/м}^3$
теплова потужність необхідна на нагрівання всього об'єму пиломатеріалів	$Q_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = 86,2, \text{кВт}$	
Питомі витрати теплової енергії на випаровування 1 кг вологи в процесі сушіння пиломатеріалів	$q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 2988, \text{кДж/кг}$	$q_{\text{вип.}}^{\text{с.р.}} = 3117, \text{кДж/кг}$
Теплова потужність сушильної камери необхідна на випаровування всієї вологи із пиломатеріалів	$Q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 69,4 \text{кВт}$	
Витрати теплової енергії на випаровування вологи з 1 м ³ пиломатеріалів		$q_{\text{вип.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 696961, \text{кДж/м}^3$
Витрати теплової енергії, як втрат тепла через огороження сушильної камери, з розрахунку на 1 м ³ пиломатеріалів		$q_{\text{ог.1м}^3}^{\text{с.р.}} = 59813 \text{кДж/м}^3$
Питомі витрати теплової енергії на сушіння 1 м ³ розрахункового пиломатеріалу		$q_{\text{суш.1м}^3} = 872774, \text{кДж/м}^3$

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, $F_{ог.}, \text{м}^2$	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;	t_c	$t_0, \text{°C}$		$t_c - t_0, \text{°C}$		$Q_{ог.}, \text{кВт}$	
					зимова	середньо-річна	зимова	середньо-річна	зимові	середньо-річні
1	Бокова стінка	33,5	0,66	57	-22	7,0	79	50	1,75	1,1
2	Передня стінка	37,6	0,66	57	-22	7,0	79	50	1,96	1,24
3	Задня стінка	37,6	0,66	57	-22	7,0	79	50	1,96	1,24
4	Стеля	43,1	0,5	57	-22	7,0	79	50	1,7	1,08
5	Підлога	43,1	0,33	57	-22	7,0	79	50	1,12	0,71
Разом									8,5	5,35

2.3.8. Визначення річної потреби теплової енергії сушильного цеху

Загальна кількість теплової енергії для виконання річної програми сушіння пиломатеріалів

$$Q_{річ.} = 600,1 \text{ ГДж/рік}$$

. Річна кількість відходів для виробництва теплової енергії

$$G_{річ.} = 81,8 \text{ м}^3$$

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

$$Q_k = 110, \text{ кВт}$$

$$F_k = 313,5 \text{ м}^2$$

Необхідна кількість калориферів за розрахунками становить 2,6.

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

$$V_n = 6,1, \text{ м}^3/\text{год}$$

Діаметр головної магістралі за розрахунком $d_{\text{маг.}} = 44, \text{ мм}$, приймаємо 50мм.

Діаметр підводу до камери за розрахунком $d_{\text{кам.}} = 44\text{мм}$, приймаємо 50 мм.

Діаметр зволожувальної труби приймаємо 1/2 ($d_y = 15 \text{ мм}$).

Необхідний тиск циркуляційної помпи становить

$$H_n = 6,42, \text{ м}$$

За визначеними продуктивністю і тиском вибираємо циркуляційну помпу фірми Wilo марка TOP-S 50/7 продуктивністю 28 м^3 та потужністю 0,4...0,65кВт.

2.4. АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

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

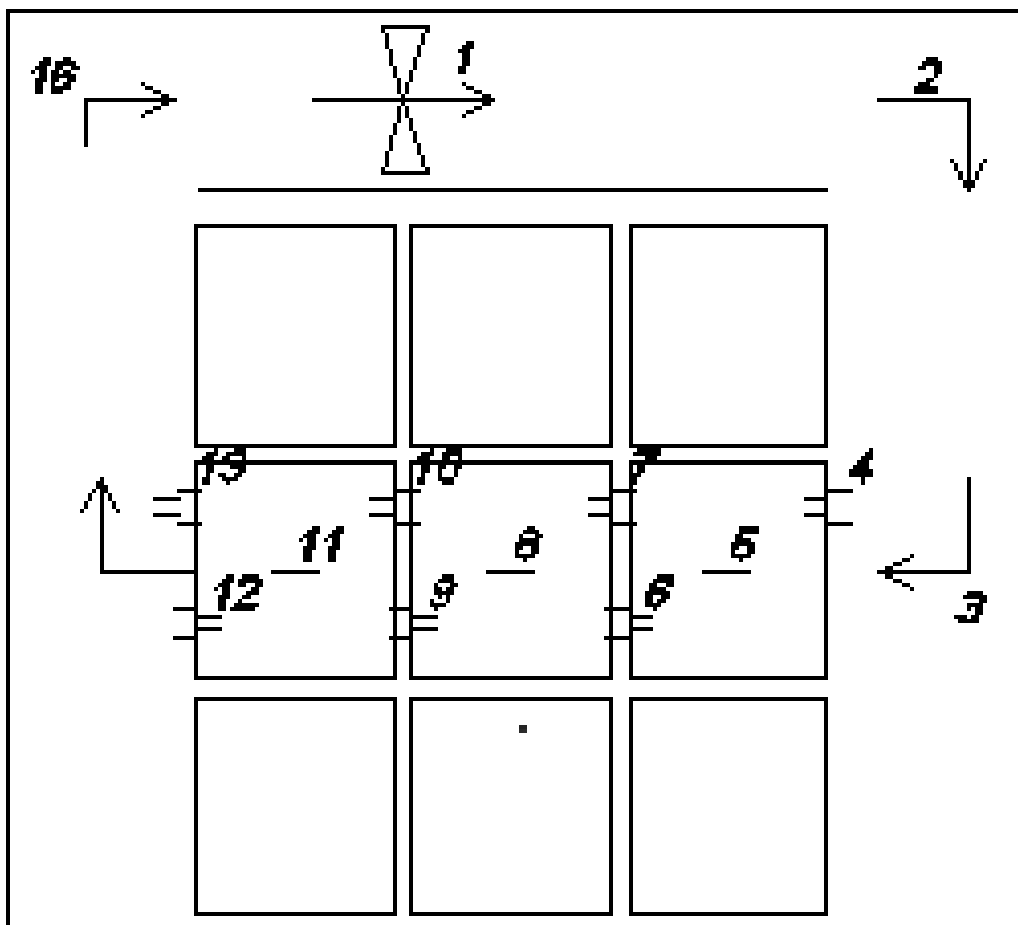


Рис.2.1. Схема руху сушильного агента в камері з поперечно-вертикальною циркуляцією:

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 ($\Delta h_{cm.i}$) 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
1	Поворот на 90	-	-	7,65	2,73	1,1	24,8
2	Калорифер	-	-	7,65	2,73	-	49,3
3	Штабель	0,12	38	9,48	2,2	12,2	129,5
4	Вхід в штабель	-	-	9,48	2,2	0,04	1,8
5	Вихід з штабеля	-	-	9,48	2,2	0,01	3,5
Разом: $N_{ст.} = \sum \Delta h_{ст.i}$							208,9

2.4.2. Вибір вентилятора і розрахунок потужності електродвигуна

Розрахунковий приведений тиск $N_{пр.} = 252,6$ Па.

Продуктивність вентилятора $V_v = 4,7$ м³/с.

Кількість вентиляторів за розрахунком $n_v = 5$ шт.

Необхідну потужність електродвигуна для приводу вентилятора

$$N_v = 2,4 \text{ кВт}$$

За встановленою потужністю вибираємо електродвигун вентилятора

$$N_{вст.} = 2,52 \text{ кВт}$$

Вибираю вентилятор фірми Deltafan WR №8 потужністю 3 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.

$$W_{\text{заг.}} = 128524 + 188 = 218747 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

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 K_p	Розрахункова потужність $N_{розр}$, кВт	Тривалість роботи обладнання, год/рік	Річна потреба в електроенергії W_a , кВт·год
	Katres KAD 1×6K	1								
1	вентилятор		Deltafan WR №8	3	5	15	1	15	7813	117195
2	помпа		Wilo TOP-S 50/7	0,65	1	1,5	0,8	1,2	7813	9376
3	автоматика		Katres	0.25	1	0.5	0,5	0.25	7813	1953
Всього										128524

Витрата електроенергії на освітлення

№ п/п	Назва споживача	Площа приміщення F, м ²	Питома потужність P _п , Вт/м ²	Коефіцієнт попиту K _п	Трива- лість ро- боти світільни- ків, год/рік	Річна потреба в електро- енергії W _{ос} , кВт·год
1	Коридор управління	12	1,5	0,2	168	38
2	Зовнішнє освітлення	72	0,8	0,6	4355	150
						188

2.6. ЗВЕДЕНА ВІДОМІСТЬ НЕОХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ СУШИЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Таблиця 2.12.

Зведена відомість обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Примітка
1	Сушильна камера Katres KAD 1×6K	1	
2	Вентилятор осьовий Deltafan WR №8	5	
3	Калорифери біметалеві	3	
4	Помпа циркуляційна Wilo TOP-S 50/7	1	
5	Автоматика регулювання процесу сушіння Katres	1	
6	Вологомір Katres	1	
7	Ворота сушильної камери	2	
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 кондиціонуюча обробка деревини.

Режими сушіння

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°C більше від температури початкового ступеня режиму сушіння (але не вище 75°C).

Швидкість нагрівання не повинна перевищувати 4-8°C за годину для м'яких і хвойних порід та 3-6°C за годину для пиломатеріалів твердих листяних порід.. Деревину нагрівають до тих пір, доки різниця між температурою середовища $t_{\text{ср}}$ 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 зволожуються.

Температура середовища на протязі кондиціонуєчої 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 кондиціонуєча 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 засувки припливно-витяжних каналів. У разі повного закриття засувки 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—це встановлення оптимальних і допустимих параметрів мікроклімату для забезпечення комфортних умов праці та життєдіяльності. Оптимальні метеоумови сприяють високій працездатності та тепловому комфорту, тоді як допустимі гарантують нормальні умови праці, хоча їхнє погіршення може призвести до професійних захворювань. Операторська діяльність збільшує напруженість при керуванні певною кількістю та параметрів.

Окрім того, на людину впливають різні фактори виробничого середовища, такі як температура, вологість, рух повітря, значення яких можуть не відповідати нормативним показникам. Додатково робоче середовище характеризується надмірним рівнем шуму, вібрацією, шкідливими викидами, електромагнітним та радіоактивним випромінюванням. Сукупність цих умов визначає умови праці людини.

Згідно з тематикою дипломного проекту, лісосушильний цех, враховуючи рівень навантаження та специфіку роботи, належить до категорії важких фізичних робіт (III категорія)

Таблиця 3.1.
Категорія робіт за ступенем важкості (ГОСТ 12.1.005-88)

Категорії робіт	Енерговитрати		Види робіт
	Вт	Ккал/год	
Важкі роботи III	Понад 290	Понад 250	Роботи пов'язані з навантаженням вивантаженням і перенесенням лісоматеріалів, меблів та інших важких (понад 10 кг.) вантажів.

Мікроклімат виробничих приміщень істотно впливає на стан організму працівника та його працездатність. Він визначається умовами внутрішнього

середовища, зокрема температурою, вологістю, рухом повітря та тепловим випромінюванням нагрітих поверхонь.

На відміну від житлових і громадських споруд, мікроклімат виробничих приміщень є більш змінним. Його характеристики залежать від коливань зовнішніх погодних умов, часу доби, пори року, теплофізичних особливостей технологічного процесу, а також систем опалення та вентиляції.

Загальний стан виробничого середовища безпосередньо впливає на самопочуття та здоров'я людини.

Таблиця 3.2

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря		
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях	Оптимальна не більше	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
постійних	непостійних	постійних	непостійних							
Холодний	Важка III	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	не більше ніж 0,5
Теплий	Важка III	18-20	26	28	15	13	40-60	75(при 24°С)	0,4	0,2÷0,6

Для створення сприятливих умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні показники, а й належний рівень чистоти повітря, ефективне освітлення, вентиляцію, а також мінімізацію вібрації та шуму.

Основні заходи для запобігання забрудненню повітряного середовища в сушильному цеху передбачають:

- використання оптимальних конструкцій вентиляційних систем для підтримання нормативних метеорологічних параметрів та чистоти повітря;

- удосконалення технологічних процесів і модернізацію обладнання з метою зменшення шкідливих викидів у робочу зону;
- оснащення системами дистанційного контролю та автоматичного регулювання процесу сушіння;
- належне функціонування систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря та очищення атмосферних викидів.

Основні вимоги до системи вентиляції передбачають:

- забезпечення нормативних метеорологічних параметрів у робочій зоні;
- ефективне видалення шкідливих газів, парів та пилу з приміщення;
- запобігання надходженню забрудненого повітря ззовні або з сусідніх приміщень;
- виключення виникнення протягів і різкого охолодження на робочих місцях;
- зручність в управлінні та легкість ремонту під час експлуатації.

На підприємстві використовується комбіноване освітлення, яке поєднує природні та штучні джерела світла. Крім того, застосовуються робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове освітлення, що сприяє комфортним і безпечним умовам праці. Штучне освітлення передбачається в усіх виробничих та побутових приміщеннях, тому що є недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби.

Заходи захисту від вібрації включають:

- зменшення вібраційних коливань безпосередньо в місці їхнього виникнення;
- уникнення роботи в режимі резонансу для запобігання посиленню вібрації;
- віброізоляцію обладнання та робочих місць;
- використання засобів індивідуального захисту для мінімізації негативного впливу на працівників.

У приміщеннях, де знаходиться сушильне обладнання, а також у лабораторії, необхідно встановити припливно-витяжну вентиляцію, яка забезпечить підтримання температури на рівні не вище 25°C.

Для запобігання надмірному підвищенню температури в сушильних камерах (понад 60°C) повітропроводи, паропроводи та кожухи вентиляторів, що розташовані поза межами камер, повинні мати теплоізоляційне покриття.

3.2. Техніка безпеки

Загальні вимоги з охорони праці при експлуатації сушильної камери регламентуються правилами техніки безпеки та виробничої санітарії у деревообробній галузі.

До роботи із сушильною камерою KAD 1×6K допускаються тільки особи, які добре знають її конструкцію та правила експлуатації.

Сушильний цех є складним виробничим об'єктом, що включає приміщення та ділянки з різними технологічними процесами, зокрема трудомісткими й потенційно небезпечними операціями. Однією з найважчих робіт у сушильних цехах є укладання пиломатеріалів на треки або візки у штабель. Тому до виконання вантажно-розвантажувальних робіт допускаються тільки працівники, які володіють знаннями щодо експлуатації піднімально-транспортних механізмів і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Завантаження й вивантаження сушильної камери, а також переміщення вагонеток із сушильними штабелями механізовано. Для контролю правильності укладання штабелів по ширині та висоті використовують спеціальні габаритні шаблони.

Основні фактори, що можуть спричинити електротравматизм у сушильному цеху:

- порушення вимог монтажу та технологічної експлуатації електроустановок;
- несправність ізоляційного покриття;
- обрив заземлювального провідника;

- застосування електрозахисних пристроїв, що не відповідають вимогам виконання робіт;
- недостатній рівень інструктажу серед працівників;
- неналежне утримання електромережі та устаткування.

Для безпечної роботи всі електроустановки мають бути заземлені або ізолювані.

3.3. Протипожежний захист

3.3.1. Визначення категорії приміщення будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Залежно від рівня вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення і будівлі класифікуються за п'ятьма категоріями: А, Б, В, Г, Д.

Процес визначення категорії приміщення здійснюється шляхом поетапної перевірки його відповідності кожній з категорій.

Таблиця 3.3

Характеристика категорій приміщень і будівель за вибухопожежною та пожежною безпекою

Категорія приміщень	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться в приміщенні
В пожежонебезпечна	Горючі та важкогорючі рідини, тверді та важкогорючі речовини і матеріали(в тому числі пил та волокна), речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем, повітрям або одне з одним горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться, не належать до категорій А і Б.

3.3.2. Первинні засоби пожежогасіння

Пожежна небезпека у деревообробних виробництвах зумовлена накопиченням значної кількості горючих матеріалів, зокрема лісоматеріалів, пиломатеріалів, заготовок, готових виробів та дрібних відходів, таких як тирса, стружка, пил, кора тощо.

Зазвичай пожежний інвентар, включаючи вогнегасники та пожежні інструменти, розміщують на спеціальних пожежних щитах (стендах). До складу засобів пожежогасіння, що знаходяться на таких щитах, входять:

- вогнегасник — 1 шт.;
- ящик із піском — 1 шт.;

- пожежне покривало (2×2 м) — 1 шт.;
- гаки — 1 шт.;
- лопата — 1 шт.;
- лом — 1 шт.;
- сокира — 1 шт.

Таблиця 3.4

Класифікація пожеж

Клас пожежі	Характеристика горючих речовин та матеріалу або об'єкта, що горить
А	Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір).

Кількість та тип вогнегасників визначаються з урахуванням їхньої ефективності, категорії приміщення за вибухопожежною небезпекою, а також класу пожежі та характеристик горючих матеріалів, що знаходяться у приміщенні або на об'єкті.

3.3.3. Заходи пожежної безпеки

Пожежна безпека виробництва значною мірою залежить від технологічного процесу. Деревообробні підприємства мають підвищений ризик загорання через накопичення горючих матеріалів, включаючи дошки, заготовки, готові вироби та легкозаймісті відходи, такі як стружка, тирса, пил та кора.

Основні вимоги до пожежної безпеки:

- Вільний доступ до пожежних кранів і вогнегасників.
- Зберігання сировини та матеріалів у кількості, що не перевищує змінну потребу.

Заходи, що гарантують пожежну безпеку:

- Використання пожежобезпечного обладнання.
- Встановлення запобіжної апаратури.
- Недопущення накопичення матеріалів у проходах та проїздах.
- Визначення спеціальних місць для зберігання легкозаймістих речовин.

Організаційно-адміністративні заходи:

- Створення пожежної охорони.

- Навчання працівників правилам пожежної безпеки та використанню пожежного інвентаря.

- Забезпечення цеху агітаційними матеріалами щодо пожежної безпеки.

Пожежна профілактика в сушильних камерах:

- Регулярне прибирання та недопущення накопичення сміття.

- Заборона використання приладів з відкритим вогнем.

- Перевірка електропроводки двічі на рік.

- Своєчасне змащування підшипників вентиляторів і електродвигунів для запобігання перегріву.

Причини низької пожежної небезпеки сушильних камер:

- Призначення виключно для сушіння пиломатеріалів при температурі до 70°C.

- Відносна вологість сушильного агента перевищує вологість оточуючого середовища, знижуючи ризик загоряння.

- Наявність зволожувальної системи, що може використовуватися як пожежогасіння.

- Використання негорючих елементів та ізоляційних матеріалів у конструкції камери.

Догляд за обладнанням:

- Контроль роботи зволожувальної системи перед кожним запуском.

- Перевірка затягування електричних клем раз на квартал.

- Перевірка жорсткості води теплової системи камери раз на півроку.

- Заміна целюлозної вставки датчика вологості перед кожним запуском.

- Регулярна перевірка контактів датчиків вологості деревини.

Вимоги з техніки безпеки:

- Стійкість штабелів пиломатеріалів, відповідність розміру прокладок ширині штабеля.

- Заборона перебування людей у зоні руху автотранспорту під час завантаження/розвантаження.

- Доступ до обслуговування сушильної камери лише для підготовленого персоналу.
 - Вхід у сушильну камеру під час сушіння можливий лише після відключення вентиляторів і системи зволоження, у супроводі іншої особи.
 - Заборона куріння та входу з відкритим вогнем.
 - Уникнення перебування в зоні руху воріт під час їх відкривання/закривання.
 - Вимкнення головного вимикача перед обслуговуванням та ремонтом електросистеми камери.
- Такий підхід допомагає знизити ризики виникнення пожеж та гарантує безпечні умови праці.

3.4. Захист навколишнього середовища

Згідно з вимогами законодавства з охорони праці, охорони довкілля та санітарних норм проектування промислових підприємств (СН245-88), на деревообробних підприємствах впроваджуються різні системи очищення повітря перед його викидом в атмосферу.

Технологічні процеси у деревообробній промисловості супроводжуються виділенням шкідливих речовин, таких як пил, пари розчинників і розріджувачів, формальдегід, окис вуглецю, аміак та деревні відходи.

Основними джерелами забруднення повітря на таких підприємствах є:

- опоряджувальні цехи;
- клеїльно-личкувальні виробництва;
- цехи механічної обробки деревини.

Ступінь забруднення повітряного середовища залежить від інтенсивності викидів виробничого пилу, парів та газів, їхньої концентрації у приміщенні, а також способу та ефективності очищення перед викидом в атмосферу. Загальна кількість шкідливих виділень визначається тривалістю роботи обладнання.

Дослідження показують, що запиленість повітря на багатьох деревообробних підприємствах перевищує допустимі концентрації. Основними

причинами цього є недосконалість конструкцій технологічного обладнання, циклонів, а також відсутність пиловловлювачів і фільтрів у вентиляційних системах.

Інтенсивність шкідливих викидів залежить від виду матеріалів, що застосовуються у виробництві, особливостей технологічного процесу та режиму роботи. Особливо великим джерелом забруднення атмосфери є меблеві виробництва, які викидають аспіраційний пил деревного та лакового походження.

Відпрацьовані води деревообробних підприємств, що відводяться з території, називаються стічними. Вони поділяються на три основні групи:

- виробничі – використовуються у технологічних процесах;
- побутові – утворюються у санітарних вузлах, душових та інших приміщеннях;
- атмосферні – дощові води та сніготалі води.

Для підвищення рівня екологічної безпеки у своєму цеху передбачено очищення стічних вод, а також їх повторне використання для технічних потреб і поливу території.

Методи очищення стічних вод:

- механічне очищення для видалення твердих частинок і масляних забруднень;
- біологічне очищення для нейтралізації органічних і неорганічних речовин.

Цехи гідротермічної обробки деревини є основними джерелами теплового забруднення водою серед деревообробних підприємств.

З метою зниження екологічного впливу необхідно:

- впроваджувати різні методи очищення стічних вод;
- створювати замкнені та оборотні системи водокористування;
- вдосконалювати технологічні процеси.

Такі заходи сприятимуть зменшенню впливу підприємства на навколишнє середовище та підвищенню рівня екологічної безпеки.

4. Економічна частина

У економічній частині бакалаврської роботи розраховуються та аналізуються техніко-економічні показники проекту, визначається його економічна ефективність.

Вихідними даними для розробки економічної частини дипломного проекту є матеріали підприємства, зібрані під час проходження бакалаврської кваліфікаційної практики, а також показники та нормативи, встановлені у результаті розробки технологічної частини проекту.

Показники та норми встановлені в результаті розробки технологічної та інших частин проекту, вказані у таблиці 4.1.

Подальші розрахунки для зручності представляються у табличній формі.

Основні техніко-економічні показники проекту формуються на основі результатів розрахунків, виконаних у таблицях економічного розділу дипломного проекту. Оформлені у підсумкову таблицю, виносяться у якості ділової графіки на захист дипломного проекту та служать ілюстрацією економічної доцільності його впровадження у виробництво.

Ціни на все устаткування приймаємо у відповідності до цін, які є встановлені на даний період цього року в Західному регіоні України.

Основні показники, встановлені в попередніх розділах проекту та за даними підприємства

Таблиця 4.1

№ з/п	Назва Показника	Один. вимір.	За проектом
1	Система сушильних камер	марка	KATRES KAD 1x6K
2	Кількість сушильних камер	шт	1
3	Площа сушильного цеху В т.ч. побутові приміщення, проходи, проїзди тощо	м ² м ²	240
4	Річна програма сушіння: • в натуральному матеріалі • в умовному матеріалі	м ³ м ³ ум.	250 942
5	Число днів роботи камер на рік	дні	355
6	Транспортні засоби (назва, марка, кількість) Автовантажувач		1
7	Електронно-обчислювальні машини		
8	Потреба пари на сушіння	тон	-
9	Загальна потреба дров	м ³	81,8
10	Витрата електроенергії на сушіння	кВт- год	128712
11	Витрата води на технологічні цілі	м ³	-

Таблиця 4.2

Розподіл витрат собівартості сушіння натурального лісоматеріалу

№ з/п	Види лісоматеріалу	Річна програма сушіння лісоматеріалу, м ³		Камерооборот, діб
		В натуральному матеріалі	В умовному матеріалі	
1	Ясен Необр. 50x3000	50	231	35,3
2	Бук Необр. 50x3000	50	198	30,2
3	Береза Необр. 32x3000	100	195	13,8
4	Граб Необр. 40x3000	50	318	40,8

Розрахунок вартості нового обладнання

№ з/п	Назва обладнання, устаткування	Марка, тип	К-сть	Вартість, тис.грн.	
				Одиниці	Разом
0	1	2	3	4	5
I. Технологічне обладнання					
1	Система сушильних камер	KATRES KAD 1x6K	1	1260,00	1260,00
Разом		—	1	—	1260,00
II. Транспортні засоби					
1	Автовантажувач		1	350,00	350,00
Разом		—	1	—	350,00
III. Електронно-обчислювальні машини					
1					
Разом		—	—	—	—
IV. Інші основні засоби (10% від I + II + III)					161,00
V. Всього					1771,00
VI. Транспортно-монтажні витрати (10 – 25 % від V), %					354,20
ЗАГАЛЬНА СУМА ВИТРАТ					2125,20

Розрахунок вартості електроенергії, води і дров

№	Напрямок використання	Одиниці виміру	Споживання на рік	Ціна, тариф за одиниці, грн	Сума, тис. грн
1	Електроенергія				
	- на технологічні цілі та освітлення	кВт-год	128712	10,25	1319,30
	-				
Разом		кВт-год	128712	-/-	1319,30
2	<u>Дрова</u> (пара)				
	- загальна потреба	м ³ (тон)	81,8	1200,00	98,16
	-				
Разом		-/-	81,8	-/-	98,16
Всього					1417,46

Таблиця 4.5

Розрахунок чисельності та фонду оплати праці робітників

№ з/п	Показники	Умови роботи	Система оплати праці	Розряд робітника	Тарифна ставка на годину, грн.	Штат на зміну, осіб	Змінна норма виробітку, м ³	Обсяг робіт, м ³	Число змін роботи	Відробити		Фонл часу 1 робітника на рік, год.	Спискове число робітників, осіб	Основна заробітна плата, тис. грн
										люд-днів	люд-год			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Укладання штабелів	Норм.												
	а) н/о твердолистяні	«	Відряд.	III	75,00	—	10	150	1	15	120	1774	0,07	9,31
	б) н/о мяколистяні	«	Відряд.	III	75,00	—	11	100	1	9,09	72,72	1774	0,04	5,32
2	Розбирання штабелів із сортуванням	Норм.	Відряд.	III	75,00	—	18	250	1	13,89	111,11	1774	0,06	7,98
3	Оператор сушильної камери	Шкідл.	Погод.	V	88,70	1	—	—	3	1005	6030	1774	3,40	535,00
4	Водій транспорту	Норм.	Відряд.	IV	69,40	0,25	—	—	1	84	672	1774	0,38	46,78
5	Разом	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,98	604,39
6	Додаткова зарплата (20%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	120,87
7	Всього фонд оплати праці робітників	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	725,26
8	Фонд оплати праці службовців	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	300,00

Кошторис собівартості сушіння умовного лісоматеріалу

№ з/п	Показники	На 1 м ³ , гривень	На програму, тис. грн.
	Просушити матеріалу (м ³):		
	Натурального		250
	Умовного		942
	Статті витрат	—	—
1	Електроенергія, пара, вода	1504,73	1417,46
2	Витрати на оплату праці працівників	1088,39	1025,26
3	Витрати на загальнообов'язкове соціальне страхування (22%)	239,45	225,56
4	Амортизація основних засобів	529,69	498,97
5	Витрати на ремонти основних засобів	135,92	128,04
6	Витрати на охорону праці, техніку безпеки та охорону довкілля	54,41	51,26
7	Виробнича собівартість сушіння	3552,59	3346,55
8	Плановий прибуток	532,41	501,53
9	Відпускна ціна без ПДВ	4085,00	3848,08

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

$A_{\text{проект}} = (720 * 0,0776) + (2125,20 * 0,2085) = 55,87 + 443,10 = 498,97$ тис. грн.

Розподіл витрат собівартості сушіння натурального лісоматеріалу

№ з/п	Види лісоматеріалу	Річна програма сушіння лісоматеріалу, м ³		Собівартість сушіння 1м ³ натурального лісоматеріалу, гривень
		В натуральному матеріалі	В умовному матеріалі	
1	Пиломатеріали			
2	Ясен Необр. 50x3000	50	231	16412,96
3	Бук Необр. 50x3000	50	198	14068,26
4	Береза Необр. 32x3000	100	195	6927,55
5	Граб Необр. 40x3000	50	318	22594,47
	Разом	250	942	—
	Середня собівартість сушіння 1м ³ лісоматеріалу			13386,16

Техніко-економічні показники

№ з/п	Показники	Один. вимірювання	За проектом
1	Система сушильних камер	—	KATRES KAD 1x6K
2	Кількість сушильних камер	шт	1
3	Річна програма сушіння: <ul style="list-style-type: none"> • в натуральному матеріалі • в умовному матеріалі 	м ³ м ³ ум.	250 942
4	Відпускна ціна річного обсягу сушіння	тис. грн.	3848,08
5	Спискова чисельність ПВП	осіб	5
6	Фонд оплати праці, разом у т. ч. робітників	тис. грн. тис. грн.	1025,26 725,26
7	Середньомісячна заробітна плата одного працівника ПВП	гривень	17088
8	Річна сума витрат на сушіння	тис. грн.	3346,55
9	Собівартість сушіння 1 м ³ <ul style="list-style-type: none"> • умовного лісоматеріалу 	грн.	3552,59
10	Прибуток до оподаткування	тис. грн.	501,53

Висновки

Результати виконаних розрахунків засвідчують, що даний інвестиційний проект забезпечує прибуток від реалізації продукції в сумі 501,53 тис. грн. на рік на основі застосування сучасної та передової технологій.

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., Гродзій 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