

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ**

Кафедра технології захисту навколишнього середовища і деревини та
безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра на тему:

“Проект сушильного цеху для ТзОВ “Грін Вуд”

Студента групи ДТ-42

Спеціальність 187

«Деревообробні та меблеві
технології»

Стельмах Б.Я.

Керівник: Андрашек Й.В.

Рецензент:

Львів 2025

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут
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.

“ 4 ”  2025 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Стельмаха Богдана Ярославовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи “Проект сушильного цеху для ТзОВ "Грін Вуд "
керівник роботи Андрашек Йосип Володимирович, канд. техн. наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом роботи _____ до 10 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Проектом передбачити влаштування сушильних камер в будівельних огороженнях з використанням сучасного високотехнологічного теплового і циркуляційного обладнання з системою автоматичного керування сушильним процесом. Максимальну увагу приділити питанням енергозбереження і якості висушеного матеріалу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Загальний розділ;

2. Проектно-технологічний розділ;

3. Охорона праці;

4. Економічний розділ;

5. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Генплан підприємства;

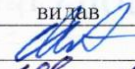

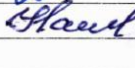
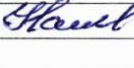
2. Загальний вигляд камери;

3. Структурна схема автоматики;

4. Теплопостачання камери:

5. 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  доц. Андрашек Й.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загальний розділ	до 25.03.2025	
2.	Проектно-технологічний розділ	до 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  Стельмах Б.Я.

Керівник проекту  доц. Андрашек Й.В.

АНОТАЦІЯ

до дипломної бакалаврської роботи на тему:

“Проект сушильного цеху для ТзОВ “Грін Вуд”

“Project of a drying shop for LLC “Green Wood”

Товариство з обмеженою відповідальністю “Грін Вуд” це деревообробне підприємство, що динамічно розвивається. Після організації лісопильного виробництва з використанням вертикальних лісопильних рам фірми Vogli для розкрою хвойних колод та стрічковопилкових горизонтальних верстатів фірми МЕВОР для розкрою твердолистяних порід деревини на необрізні пиломатеріали на підприємстві було організовано сушильне господарство з влаштуванням котельні і сушильних камер в будівельних огороженнях. Сушильні камери в будівельних огороженнях оснащені сучасним тепловим і циркуляційним обладнанням та системою автоматичного контролю і управління фірми “AMS-elektronik”. На сьогоднішній день підприємство динамічно розвивається, що знайшло підтвердження в організації на ТзОВ “Грін Вуд” цеху з виготовлення клеєного щита з використанням обладнання фірми Weinig, що працює за принципом безперервного склеювання з конвективним нагріванням. Дана обставина гостро поставила проблему в проектуванні ще одного сушильного господарства на даному підприємстві.

Виходячи з позитивного досвіду підприємства з використання сушильних камер в будівельних огороженнях в бакалаврській роботі розроблений проект сушильного цеху для ТзОВ “Грін Вуд”. Виконаний розрахунок необхідної кількості теплової енергії що вимагатимуть сушарки для забезпечення проведення високоякісного сушіння пилопродукції, приведений аеродинамічний розрахунок роботи сушарок і виконаний підбір реверсивних осьових вентиляторів. Обгрунтовано вибір системи автоматичного контролю і управління роботою конвективних сушильних камер. Поряд з тим запропоновані пропозиції стосовно обладнання нової котельні яка працюватиме

на спалення кори і сирої подрібненої деревини. Приведені розрахунки витрат теплової і електричної енергії для забезпечення нормальної роботи сушильних камер і котельні. Належна увага в бакалаврській роботі приділена вибору і розрахунку кількості підйомно-транспортного обладнання для розвантаження і завантаження сушильних камер, а також виконання необхідних робіт з формування і складування сушильних штабелів перед і після проведення процесу конвективного сушіння пилопродукції яка буде використовуватися для виготовлення клеєних щитів.

В бакалаврській роботі належним чином виконані пропозиції і розрахунки для створення нормальних умов роботи працівників з точки зору забезпечення санітарних та гігієнічних умов праці. Зроблена оцінка впливу роботи сушильних камер і котельні на оточуюче середовище та запропоновані заходи з охорони довкілля.

В розділі з економіки виконані розрахунки для визначення собівартості сушіння з метою встановлення економічного обґрунтування доцільності побудови нового сушильного цеху і котельні на підприємстві.

Обсяг пояснювальної записки має 73 сторінки друкованого тексту, слайдів для презентації – 12, використаних літературних джерел-19

Ключові слова: необрізні пиломатеріали; початкова вологість; біжуча вологість пилопродукції; режими сушіння; кондиціювання; рівноважна вологість деревини; умовний матеріал.

ABSTRACT

to the bachelor's thesis on the topic:

"Drying shop project for Green Wood LLC"

Green Wood Limited Liability Company is a dynamically developing woodworking enterprise. After the organization of sawmill production using Bogli vertical sawmill frames for cutting coniferous logs and MEBOR horizontal bandsaw machines for cutting hardwood for unedged lumber, a drying facility was organized at the enterprise with the installation of a boiler room and drying chambers in construction fences. Drying chambers in construction enclosures are equipped with modern thermal and circulation equipment and automatic control and control systems of the company "AMS-elektronik". Today, the enterprise is dynamically developing, which was confirmed in the organization of a workshop for the production of glued boards using Weinig equipment at Green Wood LLC, which works on the principle of continuous gluing with convectin heating. This circumstance acutely posed a problem in the design of another drying facility at this enterprise.

Based on the positive experience of the enterprise in the use of drying chambers in construction fences, in the bachelor's thesis, a project of a drying shop was developed for Green Wood LLC. The calculation of the required amount of thermal energy that the dryer will require to ensure high-quality drying of sawn products has been performed, an aerodynamic calculation of the operation of dryers has been given and the selection of reversible axial fans has been performed. The choice of a system of automatic control and control of the operation of convective drying chambers is substantiated. At the same time, proposals were proposed to equip a new boiler house, which will work on burning bark and raw shredded wood. Calculations of heat and electrical energy consumption to ensure the normal operation of drying chambers and boiler room are given. Due attention in the bachelor's thesis is paid to the selection and calculation of the number of lifting and transport equipment for unloading and loading drying chambers, as well as the performance of the necessary work on the formation and storage of drying stacks before and after the process of

convective drying of lumber products that will be used for the manufacture of glued boards.

In the bachelor's thesis, proposals and calculations were duly implemented to create normal working conditions for employees in terms of ensuring sanitary and hygienic working conditions. An assessment of the impact of the operation of drying chambers and boiler houses on the environment was made and environmental protection measures were proposed.

In the section on economics, calculations were made to determine the cost of drying in order to establish the economic justification for the feasibility of building a new drying shop and boiler room at the enterprise.

The volume of the explanatory note has 73 pages of printed text, slides for presentation – 12, used literary sources – 19

Ключові слова: необрізні пиломатеріали; початкова вологість; біжуча вологість пилопродукції; режими сушіння; кондиціювання; рівноважна вологість деревини; умовний матеріал.

З М І С Т

Вступ

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Характеристика ТзОВ “Грін Вуд”.....	11
1.2 Вибір сушильної камери.....	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Технологічний розрахунок.....	22
2.2 Тепловий розрахунок.....	28
2.3 Аеродинамічний розрахунок.....	45
2.4.Розрахунок транспортного обладнання.....	51
2.5. Розрахунок кількості електроенергії.....	52
2.6. Визначення витрат води.....	54
2.7. Зведена відомість необхідної кількості обладнання сушильної дільниці.....	56
2.8 Технологія процесу сушіння в камерах KSK.....	57
3. ОХОРОНА ПРАЦІ	
3.1 Умови праці на підприємстві.....	64
3.2 Екологічні міроприємства.....	70
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	
4.1 Розрахунок вартості основних виробничих фондів.....	72
4.2 Розрахунок собівартості продукції та прибутку від її реалізації...75	75
Висновки.....	79
Список використаних літературних джерел.....	80
Додатки.....	81

ВСТУП

Сушіння деревини – це процес, від якого залежить не тільки якість сировини, а й її вартість, адже він потребує великої кількості енергії. Саме затрати теплової енергії і є тим визначальним чинником, від якого залежить вартість сушіння. Тож виробники сушильних камер і науковці постійно вдосконалюють енергоощадні технології сушіння. Сприяє цьому процесу і постійне зростання вартості енергоносіїв.

Теплова енергія під час сушіння деревини витрачається на нагрівання матеріалу, випаровування з нього вологи і на втрати через огороження сушильних камер й припливно-витяжні канали. Якщо змінити перші дві статті витрат енергії неможливо, то останню можна зменшити, використовуючи для виготовлення огорожень матеріали із високими теплоізоляційними характеристиками. В сучасних умовах особливу увагу слід приділити енерговитратам через припливно-витяжні канали.

Для виготовлення високоякісної продукції деревообробні підприємства України мають бути забезпеченими сучасним сушильним господарством. Для цього можна:

- купувати і монтувати збірно-металеві сушильні камери;
- влаштувати огороження сушильних камер у будівельних конструкціях з використанням різних теплоізоляційних матеріалів;
- технічно переозброювати наявні сушильні камери використовуючи сучасне циркуляційне та теплове обладнання і утеплюючи стіни й перекриття.

Відсутність техніко-економічного аналізу теплоізоляційних характеристик огорожень сушильних камер (за результатами різних досліджень, теплові втрати через огороження і припливно-витяжні канали становить 20–45% від загальної потреби теплової енергії на сушіння) ускладнює вибір способу забезпечення підприємств сушильним господарством.

Для аналізу енерговитрат через припливно-витяжні канали необхідно виконати наступні теоретичні і експериментальні дослідження:

- встановити основні фактори, що впливають на величину енерговитрат через припливно-витяжні канали;
- виконати аналіз залежності швидкості руху сушильного агента в припливно-витяжних каналах від аеродинамічної конструкції сушильної камери, характеристики висушуваного матеріалу, режимів сушіння;
- проаналізувати зменшення енерговитрат шляхом рекуперації і конденсації викидів з сушильних камер;

На основі проведених досліджень розробити заходи по вдосконаленню конструкції припливно-витяжних каналів, внести необхідні корективи в систему автоматичного управління сушильною камерою при обладнанні її рекуперативно-конденсаційними пристроями, виконати корегування режимів сушіння, провести техніко-економічне обґрунтування доцільності реконструкції сушильних камер з метою зменшення енерговитрат через припливно-витяжні канали.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика ТзОВ “Грін Вуд”

Товариство з обмеженою діяльністю “Грін Вуд” починає свою історію з 2001 року. Першою загальною ідеєю створення товариства з обмеженою діяльністю “Грін Вуд” була організація лісопильно-розкрійного виробництва необрізних і обрізних пиломатеріалів з деревини хвойних і листяних порід деревини. Основна орієнтація роботи підприємства – постачання виготовлених пиломатеріалів на європейський ринок. На підприємстві був організований лісопильно-розкрійний цех на базі вертикальної лісопильної рами Vogli, багатопильного, обрізного верстатів цієї ж фірми, а також торцювальна лінія поздовжньо-сортувального типу. Все вживане обладнання було закуплене в Німеччині та змонтоване підприємстві. З часом для розкрою крупних діаметрів колод листяних порід підприємство закупило вживаний горизонтальний стрічковопилковий верстат словенської фірми MEBOR, також додатково були закуплені і змонтовані багатопильний і обрізний верстат українського виробництва. За бажанням європейських споживачів і з метою підвищення економічних бізнес показників на підприємстві було організовано котельню і сушильне господарство. З метою економії фінансових ресурсів на підприємстві було побудовано дві сушильних камери (об’ємом завантаження 120 кубічних метрів кожна) в будівельних огороженнях. Для стін сушильних камер були використані керамзит-бетонні плити та залізобетонні плити для перекриття. Утеплення стелі сушильних камер виконане з використанням мінеральної вати. Для забезпечення високоякісної роботи сушильних камер підприємство закупило в польської фірми “AMS-elektronik” оснащення сушильних камер, а саме: теплове і циркуляційне обладнання, теплову гребінку, припливно-витяжні канали, двері і механізм підйому дверей, а також систему автоматичного контролю і управління сушильною камерою MS-201 і силову електричну шафу. Згідно перспективного плану розвитку товариства з обмеженою діяльністю “Грін Вуд” на підприємстві побудований цех з

виробництва клеєного меблевого щита. Для виробництва клеєного щита підприємство закупило вживаний прес який працює за принципом безперервного склеювання заготовок за крайкою. Загальний вигляд преса гарячого склеювання показаний на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1. Загальний вигляд преса для виготовлення клеєних щитів фірми Weining.

Особливість роботи даного преса полягає в тому, що він не вимагає попереднього калібрування заготовок перед нанесенням клею на крайки. Необрізні пиломатеріали після розкрою на багатопильному верстаті безпосередньо подаються на лінію для нанесення клею на крайку. Оминути операцію стругання заготовок після розкрою дозволяє використання спеціальних дискових пил які забезпечують необхідну шорсткість крайки заготовки перед склеюванням. Лінія обладнана спеціальним маніпулятором з циркульною пилою яка по мірі виходу клеєного щита з преса формує ширину або форму необхідну за специфікацією клеєних щитів. Загальний вигляд отриманих після маніпулятора клеєних щитів показаний на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2. Загальний вигляд клеєних щитів після формування необхідного розміру за шириною після виходу з безперервного пресадля фірми Weining.

Для виготовлення клеєних щитів на підприємстві будуть використовуватися необрізні пиломатеріали деревини дуба, ясеня і сосни. Для виготовлення меблевого щита необхідно необрізні дошки висушити до заданої кінцевої вологості. Розкрій необрізних пиломатеріалів на заготовки перед склеювання здійснюється в сухому вигляді. Така технологія виробництва дозволяє оптимізувати поздовжній розкрій необрізних пиломатеріалів на заготовки з отриманням максимальних якісних показників. Суть полягає в тому, що в процесі оптимізації розкрою необрізних пиломатеріалів на заготовки здійснюється відбір заготовок за якісними показниками. Отримані заготовки розсортовуються на три групи якості в залежності від наявності вад деревини.

На підприємстві ТзОВ “Грін Вуд” вже існує сушильне господарство і котельня. Сушильні камери виготовлені в будівельних огороженнях і оснащені обладнанням польської фірми “AMS-elektronik”. Сушильні камери за роки роботи показали високі економічні і якісні показники сушіння. Виходячи з цього проектом передбачається влаштування нового сушильного господарства з

конвективними сушильними камерами в будівельних конструкціях. Такий підхід дозволить суттєво зменшити фінансові витрати на будівництво сушильного цеху.

1.2 Вибір сушильної камери.

Виходячи з вище сказаного на підприємстві планується влаштування сушильного господарства з використанням конвективних сушильних камер в будівельних огороженнях. Приклад загального вигляду конвективної сушильної камери в будівельних конструкціях показаний на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3. Загальний вигляд конвективної сушильної камери в будівельних конструкціях

Як і попередні сушильні камери пропонується будівництво стін камер з керамзито-бетонних панелей товщиною 380 мм. Такі панелі є в наявності на підприємстві і будівництво нових конвективних сушарок з цих матеріалів слід признати економічно доцільним. Перекриття сушильних камер буде виконане з бетону з армуванням. Для утеплення переkritтя камер рекомендується використати мінеральну вату товщиною 150 міліметрів. Загальна конструкція сушильної камери буде мати вигляд показаний на рисунку 1.4.

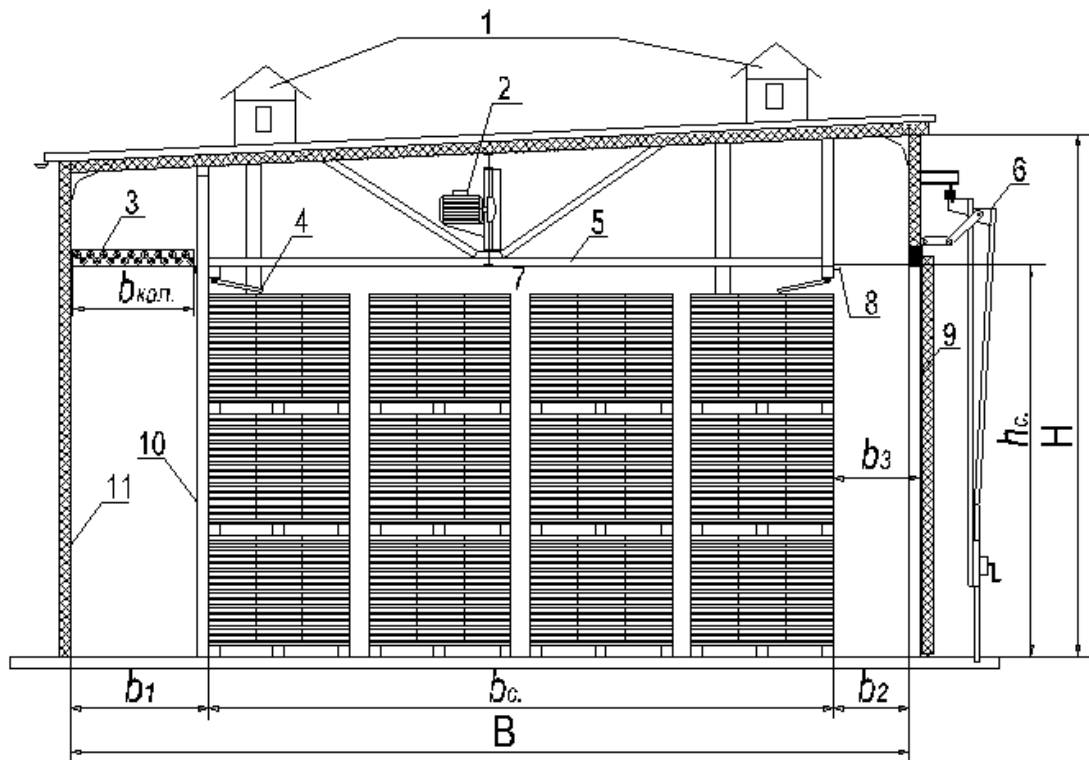


Рисунок 1.4. Технологічна схема поперечного перетину конвективної сушарки системи KSK.

До основних елементів сушильної камери відносяться:

- Ворота (двері)

Конвективна сушарка оснащується спеціальними воротами які мають систему відкриття «вверх-вбік». Для реалізації відкриття-закриття воріт сушарка оснащується механізмом підйому. В загальному ворота складаються з двох горизонтальних (верхній і нижній) алюмінієвих поясів v-подібної форми та двох вертикальних поясів (лівий і правий) такої ж форми. З'єднання поясів в

раму воріт здійснюється з допомогою спеціальних кутових замків на болтових з'єднаннях. Рама воріт заповнюється алюмінієвими касетами-ваннами в які в якості теплоізоляції вкладається структурована мінеральна вата товщиною 2х50 мм. З'єднання касет-ванн з дверною рамою та між собою здійснюється на болтах.

Примикання воріт до дверного отвору відбувається під власною вагою за допомогою спеціальних роликів (монтуються на рамі воріт) та косих направляючих (монтуються на стіні камери). Щільність примикання досягається за рахунок спеціального термостійкого резинового профілю, який закріплюється по периметру рами воріт.

Зовнішня обшивка воріт виконана з профільованого листа і прикріплюється заклепками. Загальна конструкція дверей показана на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5. Загальний вигляд воріт конвективної сушарки системи KSK.

- Калорифери

Калорифери виготовляються з біметалевих ребристих труб і розташовуються вверху сушарки на рівні псевдостелі з тильної (задньої) частини сушильної камери. Колектори калориферів, а також фланці для підключення труб прямої і зворотної подачі теплоносія виготовляються з нержавіючої сталі. З'єднання біметалевих калориферів (їх патрубків) з нержавіючими трубами подачі

теплоносія здійснюється з використанням план-шайб на нержавіючих болтах. Необхідна теплова потужність біметалевих калориферів встановлюється максимальна з розрахунку втрат через огороження сушильних камер і фаз нагрівання або сушіння. Для передачі теплової енергії від котла до калорифера використовується гаряча вода температурою 90-95°C. Загальне фото вигляду калорифера приведенне на рисунку 1.6 і 1.7.



Рисунок 1.6. Фотографія загального вигляду біметалевого калорифера конвективної сушарки.

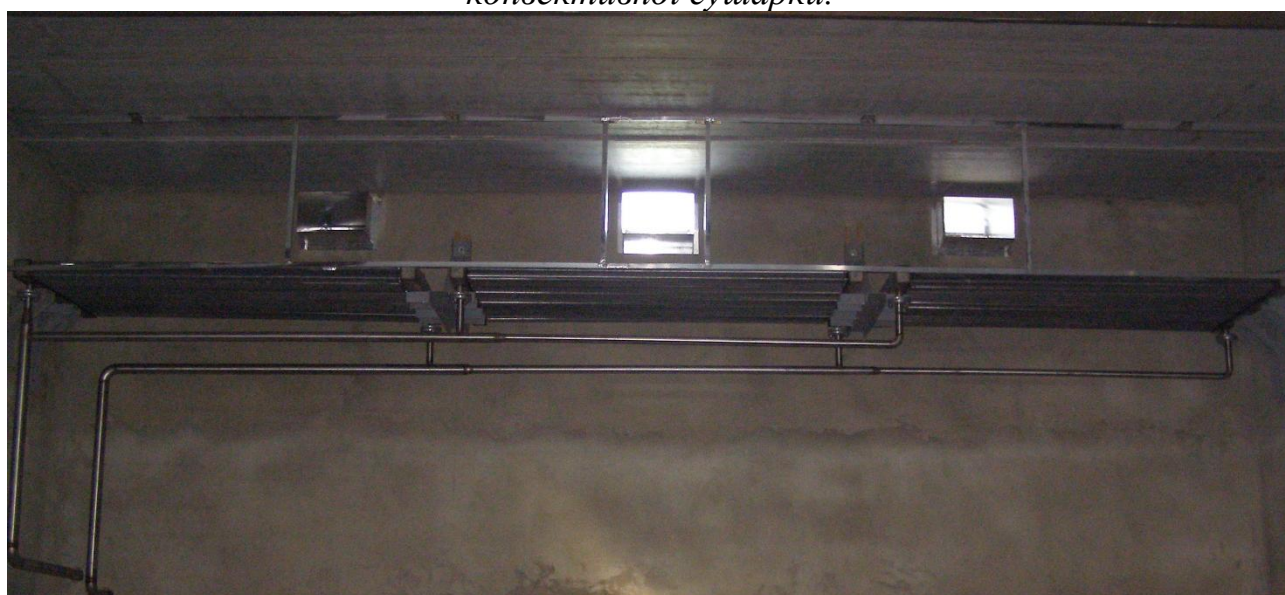


Рисунок 1.7. Змонтовані біметалеві калорифери в конвективній сушарці.

- Вентилятори

Вище псевдостелі (в технологічному просторі) конвективної сушарки монтуються циркуляційні реверсивні вентилятори WR-800. Для запобігання корозії всі елементи осьового реверсивного вентилятора виготовлені з алюмінію, робоче колесо вентилятора монтується безпосередньо на валі двигуна. Двигун вентилятора має ізоляції IP 55 яка забезпечує його нормальну роботу за температури в конвективній сушарці до 120 С° і нормально працює коли відносна вологість повітря досягає 100%. Осьовий реверсивний вентилятор має достатню продуктивність, що забезпечує рух сушильного агента через штабель висушуваного матеріалу на рівні 2-3 м/с. На рисунках 1.8 і 1.9 показані загальний вигляд вентилятора і змонтовані вентилятори в конвективній сушарці.



Рисунок 1.8. Осьовий реверсивний вентилятор конвективної сушарки.



Рисунок 1.9. Фото рами з осьовими реверсивними вентиляторами конвективної сушарки в будівельних огородженнях.

- Теплова гребінка

Для безперерйного підтримання теплової потужності, конвективна сушарка повинна мати теплову гребінку. До основних елементів теплової гребінки відносяться трьохходові клапани і помпи. Помпа забезпечує необхідну циркуляцію теплоносія (в даних сушарках це - гаряча вода) від котла до калориферів конвективної сушильної камери, а трьохходовий клапан регулює необхідний обсяг подачі гарячої води в калорифери камери для підтримання необхідної (заданої) температури сушильного агента згідно режимів сушіння. Фото загального вигляду теплової гребінки конвективної сушильної камери показане на рисунку 1.10. На рисунку 1.11 приведена фото гідрострілки яка забезпечує узгоджену роботу теплової системи котельні і конвективних сушильних камер, а також виконує функцію акумулятора теплової енергії, що позитивно відображається на збереженні малих значень відхилень температури заданих за режимами від фактичних значень температури сушильного агента в сушильній камері.



Рисунок 1.10. Фото загального вигляду теплової гребінки.



Рисунок 1.11. Фото загального вигляду гідрострілки перед тепловою гребінкою.

- Система автоматичного контролю і управління
В конвективній сушильній камері в будівельних огороженнях буде встановлена система автоматичного контролю і управління MS-201 фірми AMS elektronik. Дана автоматична система дозволяє на необхідному рівні підтримувати температуру і відносну вологість сушильного агента у

відповідності до заданих за режимами шляхом управління роботою трьохходового клапана подачі теплоносія до калориферів і припливно-витяжними каналами, а також роботою форсунок системи зволоження. Автоматична система управління також керує роботою осьових реверсивних вентиляторів.

Встановлений в автоматичній системі управління роботою сушильної камери MS-201 комунікаційний модуль дозволяє підключення до персонального комп'ютера ПК, що дозволяє вести спостереження за роботою, архівувати параметри сушильного процесу, а також здійснювати моніторинг з мобільних пристроїв.

В автоматичній системі управління створені програми режимів сушіння для всіх порід деревини, що промислового використовуються в Європі. Споживач має можливість редагувати існуючі і розробляти свої власні програми, які можна зберігати в пам'яті автоматичної системи.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технологічний розрахунок

2.1.1 Технічна характеристика сушильної камери

Технічна характеристика конвективної сушарки в будівельних огороженнях KSK фірми A-M-S elektronik приведена в таблиці 2.1.

№ п/п	Назва показників	Одиниці виміру	Значення
1.	Габаритні розміри сушильної камери:		
	- ширина	м	7,6
	- глибина (довжина)	м	9,3
	- висота	м	5,4
2.	Внутрішні розміри сушильної камери:		
	- ширина	м	6,5
	- глибина (довжина)	м	7,8
	- висота	м	4,2
3.	Розміри штабеля:		
	- ширина	м	1,1
	- довжина	м	3,0
	- висота	м	1,3
4.	Об'єм завантажуваного матеріалу	м ³	50,0
5.	Осьові вентилятори:		
	- діаметр вентилятора	мм	800
	- кількість	шт.	5
	- потужність електродвигуна	кВт	3,0
6.	Встановлена теплова потужність	кВт	300
7.	Встановлена електрична потужність	кВт	16,1
8.	Система автоматичного контролю і управління	-	MS-201

2.1.1.1. Специфікація пилопродукції, що підлягає сушінню приведена в Таблиці 2.2.

Задана специфікація

Таблиця 2.2.

№	Порода		Розмір, мм		W _п ,	W _к ,	Φ _з , м ³ /рік
п/п		Д	Ш	Т	%	%	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ясен	3000	н/о	32	45	8	550
2	ясен	3000	н/о	29	45	8	650

Сушінню підлягають обрізні соснові пиломатеріали товщиною 40 і 50 міліметрів різної ширини. Для розрахунків необхідної кількості сушарок для виконання заданої програми прийнято усереднені значення ширин дощок які приведені в специфікації (таблиця 2.2)

2.1.2 Вибір режиму сушіння

В подальшому соснові заготовки будуть використовуватись для виготовлення піддонів, то головне завдання полягає у швидкому досягненні необхідної кінцевої вологості, тому для сушіння вибираємо форсований режим сушіння.

Режими сушіння пиломатеріалів і заготовок згідно заданої специфікації

Таблиця 2.3

№ п/п	Порода	Розміри матеріалу, мм			Початкова вологість, W _п , %	Кінцева вологість, W _к , %	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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ясен	32	н/о	3000	45	8	30	82	16,0	62	24	4,7
2	Ясен	29	н/о	3000	45	8	30	82	16,0	62	24	4,7

2.1.3 Визначення тривалості сушіння

Тривалість сушіння пилопродукції визначають за виразом:

$$\tau_{с.} = \tau_{вих.} \cdot A_{п.} \cdot A_{t_1} \cdot A_{t_2} \cdot A_{к.с.} \cdot A_{v} \cdot A_{в.п.} \cdot A_{к.в.}, год \quad (1.1)$$

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

Результати розрахунків тривалості сушіння фактичного та умовного матеріалів зводяться у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4.

Визначення тривалості сушіння пилопродукції

Порода	Розміри матеріалу, мм			Т _{вих.} , год	Коефіцієнти							Т _{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	32	н/о	3000	137	2.05	1,65	1,21	1,12	0,89	1,2	1,0	670,7
Ясен	29	н/о	3000	113	2.05	1,65	1,21	1,12	0,89	1,2	1,0	553,2
Умовний	40	150	3000	243	1	1,26	1,23	0,98	0,89	1,0	0,85	259,4

2.1.4 Визначення тривалості камеробігу

Тривалість камеробігу визначають за виразом:

$$\tau_{об.} = \tau_{нагр.} + \tau_{п.в.} + \tau_{с.} + \tau_{конд.} + \tau_{ох.} + \tau_{зав.}, год(діб) \quad (1.2)$$

Результати розрахунків тривалості камерообігу зводяться в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5.

Визначення тривалості камерообігу.

Порода	Розміри матеріалу, мм			Складові камерообігу, год					$\tau_{об.}, ГОД$	$\tau_{об.}, ДІБ$
	S_1	S_2	L	$\tau_{нагр.},$	$\tau_{с.},$	$\tau_{конд.},$	$\tau_{ох.},$	$\tau_{зав.},$		
Ясен	32	н/о	3000	3,0	670,7	8,0	5,1	4,5	691,3	28,8
Ясен	29	н/о	3000	3,0	553,2	7,3	5,1	4,5	573,1	23,9
Умовний	40	150	3000	4,0	259,4	10,0	6,2	5,5	285,1	11,8

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

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

$$E = \Gamma \cdot \beta_{об.} = l \cdot b \cdot h \cdot m \cdot \beta_{об.}, м^3 \quad (1.7)$$

2.1.6 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:

$$\Pi = \frac{T}{\tau_{об.}} \cdot E, м^3 / рік, \quad (1.13)$$

де: T - період, за який визначається продуктивність камери, діб. При визначенні річної продуктивності сушильної камери, кількість робочих діб в році приймається, $T = 335, діб$;

$\tau_{об.}$

- тривалість камерообігу, діб (табл.1.4.);

E - об'єм пиломатеріалів (заготовок), що завантажуються в сушильну камеру, м³;

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

Таблиця 2.6.

Порода	Розміри матеріалу, мм			Розміри штабеля			Товщина прокладок	Кількість штабелів	коэф.об'ємного заповнення штабеля	тривалість камерообігу	Продуктивність камери
	S ₁	S ₂	L	l	b	h					
Ясен	32	н/о	3000	3000	1100	1300	25	30	0,351	28,8	525,5
Ясен	29	н/о	3000	3000	1100	1300	25	30	0,326	23,9	633,2
Умовний	40	150	3000	3000	1100	1300	25	30	0,438	11,8	1600,4

Розрахунок продуктивності сушильної камери для фактичного та умовного матеріалу.

2.1.7 Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний

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

$$Y_i = \Phi_i \cdot \frac{\beta_{об.ум.} \cdot \tau_{об.ф.}}{\beta_{об.ф.} \cdot \tau_{об.ум.}}, M^3, \quad (1.14)$$

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

Таблиця 2.7.

Перерахунок кількості фактичного матеріалу в умовний

Характеристика пиломатеріалу							Тривалість камерообробки для фактичного матеріалу	Тривалість камерообробки для умовного матеріалу	Коефіцієнт об'ємного заповнення фактичного матеріалу	Коефіцієнт об'ємного заповнення умовного матеріалу	Об'єм пиломатеріалів, м ³	
Порода	Вид пиломатеріалів	Розміри, мм			Вологість,						Фактичного	Умовного;
		S ₁	S ₂	L	W _n	W _к						
Ясен	н/о	32	н/о	3000	45	8	28,8	11,8	0,351	0,438	550	1675,1
Ясен	н/о	29	н/о	3000	45	8	23,9	11,8	0,326	0,438	650	1768,8
Сума:												3443,9

2.1.8 Визначення кількості сушильних камер

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

$$n = \frac{Y_{\Sigma}}{P_y}, \text{шт.}, \quad (1.16)$$

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

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

$$n = 3443,9/1600,4=2,15$$

Приймаємо дві конвективних сушильних камери в будівельних огороженнях типу SKS фірми AMS-elektronik.

2.2 Тепловий розрахунок

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

2.2.1 Вибір розрахункового матеріалу

За розрахунковий матеріал приймають такі пиломатеріали з даної специфікації, в яких час сушіння мінімальний. Тоді теплове та циркуляційне обладнання, яке розраховане на такий матеріал, забезпечить сушіння всіх інших порід та перерізів пиломатеріалів.

За розрахунковий матеріал приймаємо:

Ясенові необрізні дошки $T=29$ мм, $Ш=$ н/о мм, $Д=3000$ мм, $\tau_{об.} = 573,1$ год.

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

Маса вологи, яка випаровується з 1 м^3 заготовок визначається за формулою:

$$m_{1\text{м}^3} = \rho_{б} \frac{W_{п.} - W_{к.}}{100}, \text{ кг / м}^3, \quad (2.1)$$

де: $\rho_{б}$ – базисна (умовна) густина деревини [п.1 додаток 8], кг/м^3 ;

$W_{п.}; W_{к.}$ – відповідно початкова і кінцева вологість пиломатеріалів, %.

$$m_{1\text{м}^3} = 560 \frac{45 - 8}{100} = 207,2 \text{ кг/м}^3$$

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

$$m_{об.кам.} = m_{1\text{м}^3} \cdot E, \text{ кг / об.кам.}, \quad (2.2)$$

$$m_{об.кам} = 207,2 \cdot 41,96 = 8694,1 \text{ кг/об}$$

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

$$M_c = \frac{m_{\text{об.кам.}}}{3600 \cdot \tau_c}, \text{ кг / с}, \quad (2.3)$$

$$M_c = \frac{8694,1}{3600 \cdot 573,1} = 0,004214 \text{ кг/с}$$

де: τ_c – тривалість сушіння пиломатеріалу вибраного в якості *розрахункового* (табл.1.3), годин.

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

$$M_p = M_c \cdot k, \text{ кг / с}, \quad (2.4)$$

де: k – коефіцієнт, який враховує нерівномірність сушіння, при сушінні вологим повітрям приймається: $k=1,2$, при $W_k > 12\%$, $k=1,3$, при $W_k \leq 12\%$.

$$M_p = 0,004214 \cdot 1,3 = 0,005478 \text{ кг/с}$$

2.2.3 Визначення параметрів сушильного агента при вході у штабель

З вибраних режимів сушіння (див. підрозділ 1.2), встановлюють параметри температури t_1 та відносної вологості φ_1 для пиломатеріалу вибраного в якості розрахункового. Для розрахунку параметрів сушильного агента при вході у штабель ($t_1; \varphi_1$) приймають параметри режиму процесу сушіння за середнім ступенем для ступеневих режимів i , як середнє арифметичне початкових і кінцевих значень режимних параметрів для безступеневих режимів.

Вологовміст (d_1 , г/кг), ентальпію (тепловміст I_1 , кДж/кг), густину (ρ_1 , кг/м³) та приведений об'єм (V_1 , м³/кг) повітря на вході в штабель пиломатеріалів визначають за I_d - діаграмою [п.1 додаток 46].

Параметри сушильного агента можна визначати теоретично.

Вологовміст повітря визначають за формулою:

$$d_1 = 622 \frac{P_n}{P_a - P_n}, \text{ г / кг}, \quad (2.5)$$

де: P_a – атмосферний тиск повітря, ($P_a = 1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$);

P_n – парціальний тиск водяної пари в повітрі, $P_n = \varphi_1 \cdot P_n$;

P_H – тиск насичення водяної пари при розрахунковій температурі режиму сушіння ($P_H=f(t_1)$), Па [п.1 додаток 11].

$$d_1 = 622 \frac{7798}{100000 - 7798} = 52,61 \text{ г/кг}$$

Тепловміст повітря визначається за формулою:

$$I_1 = 1,0t_1 + 0,001d_1(1,93t_1 + 2490), \text{ кДж/кг}, \quad (2.6)$$

$$I_1 = 1,0 \cdot 46 + 0,001 \cdot 52,61 \cdot (1,93 \cdot 46 + 2490) = 181,7 \text{ кДж/кг}$$

Густина повітря визначається за формулою:

$$\rho_1 = \frac{349 - 132 \cdot \frac{d_1}{622 + d_1}}{273 + t_1}, \text{ кг/м}^3, \quad (2.7)$$

$$\rho_1 = \frac{349 - 132 \cdot \frac{52,61}{622 + 52,61}}{273 + 46} = 1,029 \text{ кг/м}^3$$

Приведений питомий об'єм визначається за формулою

$$V_{np.1} = 4,62(273 + t_1)(622 + d_1) \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 / \text{кг}, \quad (2.8)$$

$$V_{np1} = 4,62 \cdot (273 + 46) \cdot (622 + 52,61) \cdot 10^{-6} = 1,0241 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

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

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

$$V_{ц} = \omega_{шт.} \cdot F_{ж.п.шт.} \cdot C, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (2.9)$$

де: $\omega_{шт}$ – швидкість циркуляції сушильного агента через штабель пиломатеріалів, приймається в межах (1,5...3 м/с), в залежності від марки сушильної камери ;

$F_{ж.п.шт}$ – живий перетин штабеля (вільна площа поперечного перетину штабеля перпендикулярна напрямку руху сушильного агента), м²;

C - коефіцієнт нерівномірності швидкості циркуляції сушильного агента по об'єму штабеля, приймається: $C=1,1...1,2$ для камер з рівномірною циркуляцією, $C=1,3...1,4$ для камер в яких відсутні

пристрої рівномірності циркуляції, $C=1,5\dots 1,7$ для камер ПАП-32, ЦНИИМОД-34.

Площа живого перетину штабеля визначається за формулою:

$$F_{\text{ж.п.шт.}} = \ell \cdot h \cdot (1 - \beta_v) \cdot n, \quad \text{м}^2, \quad (2.10)$$

$$F_{\text{ж.п.шт.}} = 3,0 \cdot 1,3(1 - 0,537) \cdot 6 = 10,83 \text{ м}^2$$

де: ℓ , h – відповідно довжина і висота штабеля, м;

n – кількість штабелів, які розміщені перпендикулярно до руху сушильного агента в одному ряді;

β_v – коефіцієнт заповнення штабеля по висоті.

$$V_{\text{ц}} = 2,0 \cdot 10,83 \cdot 1,2 = 25,99 \text{ м}^3/\text{с}$$

Маса циркулюючого сушильного агента, яка потрібна для випаровування 1 кг вологи, визначається за формулою:

$$m_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{M_p \cdot V_{\text{пр.1}}}, \quad \text{кг} / \text{кг}, \quad (2.11)$$

$$m_{\text{ц}} = \frac{25,99}{0,005478 \cdot 1,0241} = 4632,78 \text{ кг/кг}$$

2.2.5 Визначення параметрів сушильного агента при виході з штабеля

Параметри сушильного агента при виході з штабеля ($t_2, \varphi_2, d_2, \rho_2, V_{\text{пр.2}}$) визначаються графоаналітичним способом. За величиною ($m_{\text{ц}}$) знаходять вологовміст повітря на виході із штабеля:

$$d_2 = d_1 + \frac{1000}{m_{\text{ц}}}, \quad \frac{\text{г}}{\text{кг}}, \quad (2.12)$$

$$d_2 = 52,61 + 1000/4632,78 = 52,82 \text{ г/кг}$$

Після визначення вологовмісту d_2 необхідно побудувати теоретичний процес сушіння на Id - діаграмі (рис.2.1). За відомими параметрами сушильного агента при вході в штабель t_1 і φ_1 або d_1 знаходять точку 1. Враховуючи, що процес сушіння (випаровування повітрям вологи) відбувається практично з

постійним тепловмістом, тобто $I_2 \approx I_1$, то на перетині ліній $I_1 = I_2 = \text{const}$ та лінії d_2 знаходять точку 2, що характеризує параметри сушильного агента при виході з штабеля ($t_2, \varphi_2, \rho_2, V_{\text{пр.2}}$).

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

$$t_2 = \frac{I_2 - 2,49 \cdot d_2}{1,0 + 0,00193 \cdot d_2}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.13)$$

$$t_2 = \frac{181,7 - 2,49 \cdot 52,82}{1,0 + 0,00193 \cdot 52,82} = 45,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Аналітичним шляхом можна визначити інші параметри сушильного агента при виході з штабеля використовуючи формули 2.7, 2.8.

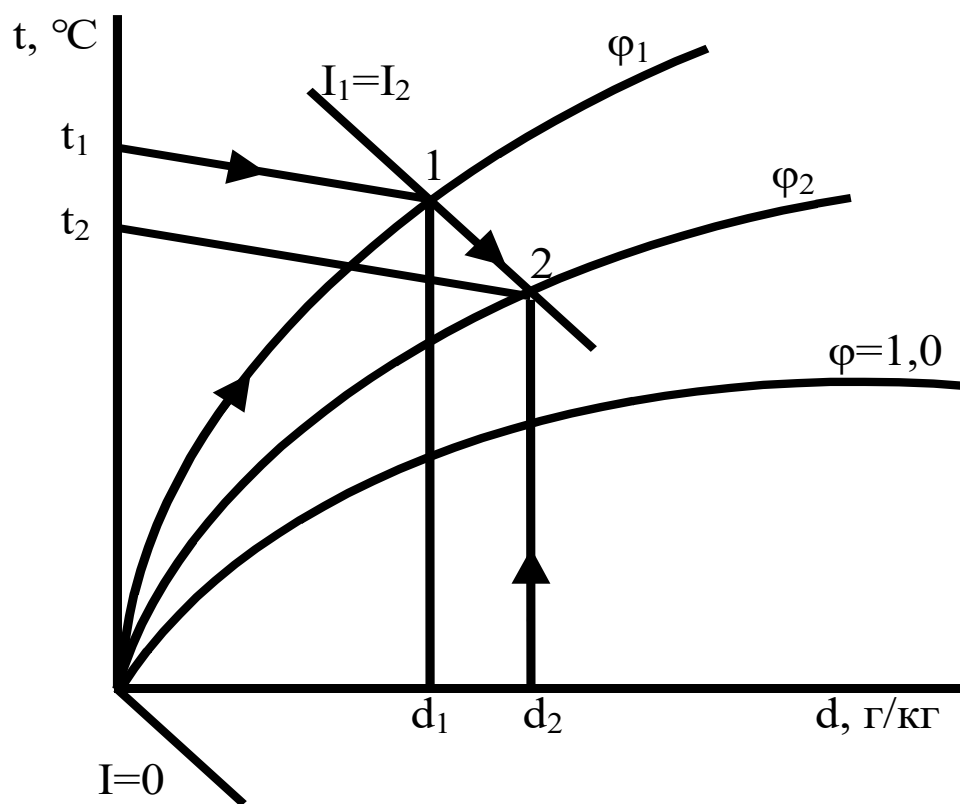


Рисунок 2.1. Схема побудови зміни параметрів сушильного агента

при випаровуванні вологи на *Id*-діаграмі

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

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

$$m_0 = \frac{1000}{d_2 - d_0}, \frac{\text{кг}}{\text{кг}}, \quad (2.14)$$

де: d_0 – вологовміст свіжого (припливного) повітря. Приймається для середньорічних умов $d_0=6...8$ г/кг, взимку $d_0=1...1,5$ г/кг.

$$m_0 = \frac{1000}{52,82 - 7} = 21,82 \text{ кг/кг}$$

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

$$V_o = m_o \cdot M_p \cdot V_{пр.0}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (2.15)$$

де: $V_{пр.0}$ – приведений об'єм свіжого повітря, приймається $V_{пр.0}=0,87$ м³/кг.

$$V_0=21,82*0,005478*0,87=0,1040 \text{ м}^3/\text{с}$$

Об'єм відпрацьованого повітря

$$V_{відпр.} = m_o \cdot M_p \cdot V_{пр.2}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (2.16)$$

де: $V_{пр.2}$ – приведений об'єм відпрацьованого сушильного агента.

$$V_{відпр.}=21,82*0,005478*1,0232=0,122 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площу поперечного перетину припливних-витяжних каналів визначають за формулою:

$$f_i = \frac{V_i}{\omega_{кан.}}, \text{ м}^2, \quad (2.17)$$

де: V_i – об'єм свіжого або відпрацьованого повітря, м³/с;

$\omega_{кан.}$ – швидкість руху повітря в припливно-витяжних каналах, $\omega_{кан.}=2...3$ м/с.

$$f_{пр.кан} = 0,104/2,0 = 0,052 \text{ м}^2$$

$$f_{вит.кан} = 0,122/2,0 = 0,061 \text{ м}^2$$

При використанні камер з реверсивною циркуляцією сушильного агента канали почергово виконують функцію припливних і витяжних, тому для подальших розрахунків вибирається більший перетин.

Враховуючи конструкцію камери приймаємо на одну камеру 6 припливно-витяжних каналів розміром **300х200мм**.

2.2.7. Визначення витрат теплової енергії на сушіння пиломатеріалів

В процесі сушіння пиломатеріалів тепла енергія витрачається на:

- початковий нагрів матеріалу перед сушінням;
- випаровування вологи з деревини;
- проміжну та кондиціонуючу тепловологообробки;
- втрати тепла через огороження камери;
- втрати тепла через припливно-витяжні канали з відпрацьованим повітрям;
- нагрівання свіжого повітря, огорожень камери та обладнання, яке знаходиться в середині сушильної камери.

Витрати теплової енергії при сушіння деревини визначають окремо для зимових та середньорічних умов. Для зимових умов визначається максимальна кількість теплової енергії тобто необхідна тепла потужність сушильної камери, а за середньорічними умовами – витрати теплової енергії на сушіння 1 м³ пиломатеріалів і встановлюється річна потреба в тепловій енергії.

Витрати теплової енергії на нагрівання 1 м³ пиломатеріалів в зимових умовах визначають за формулою:

$$q_{нагр.1м^3}^{зим.} = \gamma \cdot \rho_b \cdot \frac{W_n - W_{сп.}}{100} + \rho \cdot [C_{(-)} \cdot (-t_{0зим.}) + C_{(+)} \cdot t_{нагр.}], \text{ кДж} / \text{м}^3, \quad (2.18)$$

Для $C_{(-)}$:

$$t_{сеп} = (t_0 + 0) / 2 = -22 / 2 = -11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_{II} = 45 \%$$

$$C_{(-)} = 1,9 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$$

Для $C_{(+)}$:

$$t_{сеп} = (0 + t_{нагр}) / 2 = 46 / 2 = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_{II} = 45 \%$$

$$C_{(+)} = 2,62 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$$

$$q_{нагр1м^3} = 335 \cdot 560 \frac{45 - 17}{100} + 790 \cdot [1,9 \cdot 22 + 2,62 \cdot 46] = 180760,8 \text{ кДж/м}^3$$

Витрати теплової енергії на нагрівання 1 м³ пиломатеріалів у середньорічних умовах визначається за формулою:

$$q_{\text{нагр.1м}^3}^{c.p.} = \rho \cdot C_{(+)} \cdot (t_{\text{нагр.}} - t_{0c.p.}), \text{ кДж / м}^3, \quad (2.21)$$

де: $t_{0c.p.}$ – початкова температура деревини для середньорічних умов [п.1 додаток 15].

$$q_{\text{нагр1м}^3}^{c.p.} = 790 \cdot 2,62(46 - 7,0) = 80722,2 \text{ кДж/м}^3$$

Визначення питомої теплоємності [п.1 додаток 14] проводиться за середньою температурою $t_{\text{сер.}}$ і початковою вологістю деревини $W_{п.}$:

$$t_{\text{сер.}} = \frac{t_{0c.p.} + t_{\text{нагр.}}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.22)$$

$$t_{\text{сер.}} = (8,0 + 46) / 2 = 27,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$Q_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = \frac{q_{\text{нагр.м}^3}^{\text{зим.}} \cdot E}{3600 \cdot \tau_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}}}, \text{ кВт}, \quad (2.23)$$

$$Q_{\text{нагр}}^{\text{зим.}} = \frac{180760,8 \cdot 41,96}{3600 \cdot 13,0} = 162,07 \text{ кВт}$$

де: $\tau_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}}$ – тривалість початкового нагрівання пиломатеріалів в зимових

умовах, год:

$$\tau_{\text{нагр.}}^{\text{зим.}} = \frac{(t_{п.} - t_{0\text{зим.}})}{V_{\text{нагр.}}}, \text{ год}, \quad (2.24)$$

$$\tau_{\text{нагр}}^{\text{зим.}} = (30 + 22) / 4 = 13,0 \text{ год.}$$

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

- для зимових умов:

$$q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 1000 \cdot \frac{I_2 - I_{0\text{зим.}}}{d_2 - d_{0\text{зим.}}}, \text{ кДж / кг}, \quad (2.25)$$

$$q_{\text{вип}}^{\text{зим}} = 1000 \frac{181,7 - (-15)}{52,82 - 1,5} = 3832,8 \text{ кДж/кг}$$

- для середньорічних умов:

$$q_{\text{вип}}^{\text{с.р.}} = 1000 \cdot \frac{I_2 - I_{0\text{с.р.}}}{d_2 - d_{0\text{с.р.}}}, \text{ кДж/кг}, \quad (2.26)$$

$$q_{\text{вип}}^{\text{с.р.}} = 1000 \frac{181,7 - 20}{52,82 - 6} = 3453,7 \text{ кДж/кг}$$

де: I_0 – тепловміст (ентальпія) свіжого повітря, для середньорічних умов,

$I_{0\text{с.р.}} = 20$ кДж/кг, взимку, $I_{0\text{зим.}} = -15$ кДж/кг;

d_0 – вологовміст свіжого повітря, г/кг (див. формулу 2.14).

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

$$Q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} \cdot M_p, \text{ кВт}, \quad (2.27)$$

$$Q_{\text{вип.}}^{\text{зим.}} = 3832,8 \cdot 0,005478 = 37,4 \text{ кВт}$$

Витрати теплової енергії на випаровування вологи з 1 м^3 пиломатеріалів для середньорічних умов визначають за формулою:

$$q_{\text{вип.}1\text{м}^3}^{\text{с.р.}} = q_{\text{вип.}}^{\text{с.р.}} \cdot m_{1\text{м}^3}, \text{ кДж/м}^3, \quad (2.28)$$

$$q_{\text{вип.}1\text{м}^3}^{\text{с.р.}} = 3453,7 \cdot 207,2 = 715606,6 \text{ кДж/кг}$$

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

$$Q_{\text{ог.}} = F_{\text{ог.}} \cdot k_{\text{ог.}} \cdot (t_c - t_0) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (2.29)$$

де: $F_{\text{ог.}}$ – площа окремо взятого огороження (стіни, підлога, стеля двері) сушильної камери, м^2 ;

$k_{\text{ог.}}$ – коефіцієнт теплопередачі даного огороження, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

t_c – температура сушильного агента в камері, $^\circ\text{C}$;

t_0 – розрахункова температура навколишнього середовища із зовнішньої сторони огороження, $^\circ\text{C}$, для зимових та середньорічних умов

[п.1 додаток 15].

Коефіцієнт теплопередачі багатошарових огорожень визначається за формулою:

$$k_{ог.} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн.}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зовн.}}}, \quad Вт / м^2 \cdot ^\circ C, \quad (2.30)$$

де: δ_i – товщина i -того шару огороження, м;

λ_i – теплопровідність i -того шару огороження, Вт/(м·°C),

[п.1 додаток 16];

$\alpha_{вн.}$ – коефіцієнт теплообміну внутрішньої поверхні огороження, приймається, $\alpha_{вн.}=25$ Вт/(м²·°C);

$\alpha_{зовн.}$ – коефіцієнт теплообміну зовнішньої поверхні огороження, приймається: для відкритого повітря - $\alpha_{зовн.}=23$ Вт/(м²·°C);

- для неопалюваних приміщень - $\alpha_{зовн.}=12$ Вт/(м²·°C);

- для опалюваних приміщень - $\alpha_{зовн.}=25$ Вт/(м²·°C).

Огороження даної камери є багатошаровими. Стіни: Внутрішня – 2 мм алюміній, теплоізоляція – 100 мм, Зовнішня – 1 мм алюміній. Перекриття: 2 мм – алюміній, 100 мм – теплоізоляція, 1 мм – алюміній. Двері: 2 мм – алюміній, 100 мм – теплоізоляція, 1 мм – алюміній.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,0015}{240} + \frac{0,15}{0,005} + \frac{0,0015}{240} + \frac{1}{23}} = 0,491 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$$

$$k_{підл.} = 0,491/2 = 0,246 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ C$$

Розрахунок втрат тепла через огороження сушильної камери виконують для зимових та середньорічних умов і результати заносять в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1.

Розрахунок витрат тепла через огороження сушильної камери

№ п/п	Назва і розміри огорожень	Площа, $F_{ог}, м^2$	$k, Вт/(м^2*°C)$	$t_c, °C$	$t_0, °C$		$t_c - t_0, °C$		$Q_{ог}, кВт$	
					Зимова	Середньорічна	Зимова	Середньорічна	Зимова	Середньорічна
1	Зовнішня бокова стіна (9,3x5,3)	49,29	0,491	46	-22	7,0	68	37,0	1,63	0,89
2	Торцева стіна задня (7,2x5,3)	38,16	0,491	46	-22	7,0	68	37,0	1,27	0,69
3	Двері (6,7x4,3)	28,81	0,491	46	-22	7,0	68	37,0	0,96	0,52
4	Передня стіна без дверей (1,4x7,2)	10,08	0,491	46	-22	7,0	68	37,0	0,34	0,18
5	Перекрыття (9,3x7,2)	66,96	0,491	46	-22	7,0	68	37,0	2,24	1,22
6	Підлога (2x6,5+1x6,7)	19,70	0,246	46	-22	7,0	68	37,0	0,32	0,18
Сума:									6,76	3,68

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

$$q_{ог.1м^3}^{c.p.} = \frac{\sum Q_{ог.}^{c.p.} \cdot m_{1м^3}}{M_p}, \text{ кДж} / \text{м}^3, \quad (2.31)$$

$$q_{ог}^{cp} = \frac{6,76 \cdot 207,2}{0,005478} = 255690,40 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

Питомі витрати теплової енергії на сушіння $1 м^3$ розрахункового пиломатеріалу визначають для середньорічних умов за формулою

$$q_{суш.1м^3} = (q_{нагр.1м^3}^{c.p.} + q_{вит.1м^3}^{c.p.} + q_{ог.1м^3}^{c.p.}) \cdot C_1, \text{ кДж} / \text{м}^3, \quad (2.32)$$

$$q_{суш.1м^3} = (80722,2 + 715606,6 + 255690,4) \cdot 1,3 = 1367624,9 \text{ кДж/м}^3$$

де: C_1 – коефіцієнт, який враховує додаткові витрати теплової енергії на початковий прогрів камери, обладнання в середині сушильної камери, втрати тепла з відпрацьованим повітрям, тощо, $C_1=1,15\dots 1,3$.

2.2.8. Визначення річної потреби теплової енергії сушильного цеху

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

$$Q_{річ.} = q_{суш.1м^3} \sum_{i=1}^n (\Phi_i \cdot \frac{\beta_{об.роз.} \cdot \tau_{об.ф.}}{\tau_{об.роз.} \cdot \beta_{об.ф.}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж / рік}, \quad (2.33)$$

$$Q_p = 1367624,9 \cdot (550 \cdot \left(\frac{0,326 \cdot 28,8}{23,9 \cdot 0,351}\right) + 650 \left(\frac{0,326 \cdot 23,9}{23,9 \cdot 0,326}\right)) \cdot 10^{-6}$$

$$= 1730,8 \text{ ГДж/рік}$$

де: Φ_i - об'єм фактичного матеріалу однакової характеристики, м³;

$\beta_{об.роз.}$ $\beta_{об.ф.}$ - коефіцієнт об'ємного заповнення штабеля відповідно для матеріалу вибраного в якості розрахункового і фактичного матеріалу однакової характеристики;

$\tau_{об.роз.}$ $\tau_{об.ф.}$ - тривалість камерообігу розрахункового і фактичного матеріалу однакової характеристики.

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

$$G_{річ.} = \frac{Q_{річ.}}{Q_n^p \cdot \eta}, \text{ м}^3, \quad (2.34)$$

$$G_{річ.} = \frac{1730,8}{8,67 \cdot 0,8} = 249,5 \text{ м}^3$$

де: Q_n^p - нижча теплотворна здатність деревини в залежності від породи і вологості, ГДж/м³ (додаток 17);

η - коефіцієнт корисної дії котла, приймається в межах 0,8...0,85;

2.2.9. Розрахунок теплового обладнання сушильної камери

В сучасних сушильних камерах, в якості теплового (теплообмінного) обладнання, використовуються пластинчаті біметалеві водяні (парові) калорифери (додаток 19). Основа калорифера – оребрена біметалева труба. Матеріал оребрення – алюміній або сплави на його основі, внутрішня (несуча) частина – труба з котлової або нержавіючої сталі (рідше з алюмінію). Розміри та технічна характеристика біметалевих водяних калориферів представлена в додатках 19,20. Допускається в сушильних камерах використання калориферів з чавунних ребристих труб та пластинчатих сталевих калориферів, що виробляються для систем опалення і вентиляції, як водяних так і парових (додатки 21, 22).

Методика розрахунку калорифера передбачає наступні кроки:

- визначення необхідної теплової потужності сушильної камери;
- попереднє розміщення вибраного типу калорифера на схемі камери (в першому наближенні задаються довжиною і шириною калорифера, кількістю і рядністю труб);
- розрахунок необхідної поверхні нагріву калориферів;
- визначення кількості калориферів.

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

$$Q_k = \left(Q_{вин.}^{зим.} + \sum Q_{ог.}^{зим.} \right) \cdot C_1, \text{ кВт}, \quad (2.35)$$

$$Q_k = (162,07 + 6,76) \cdot 1,3 = 219,5 \text{ кВт}$$

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

Поверхню нагрівання калорифера визначають за формулою

$$F_k = \frac{Q_k \cdot C_2}{k \cdot (t_m - t_c)} \cdot 10^3, \text{ м}^2, \quad (2.36)$$

$$F_k = \frac{219,5 \cdot 1,2}{68,2 \cdot (95 - 46)} = 78,8 \text{ м}^2$$

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

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

t_c – температура сушильного агента в камері, °С;

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

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

$$k = 25,48 \cdot (\omega_k \cdot \rho)^{0,485} \cdot \omega_t^{0,13}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}), \quad (2.37)$$

де: ω_t - швидкість руху теплоносія в трубах калорифера, $\omega_t=0,2...1,0$ м/с;

ω_k - швидкість руху сушильного агента через калорифер, м/с;

ρ - густина сушильного агента, кг/м³, приймається рівна ρ_2 .

$$k=25,48 \cdot (8,12 \cdot 1,037)^{0,485} \cdot 0,7^{0,13}=68,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$$

Швидкість руху сушильного агента через калорифер визначається за формулою:

$$\omega_k = \frac{V_y}{F_{\text{ж.пер.к}}}, \text{ м/с}, \quad (2.38)$$

$$\omega_k = \frac{25,99}{4,06} = 6,4 \text{ м/с}$$

де: $F_{\text{ж.пер.к}}$ – живий перетин калорифера (площа перетину калорифера

перпендикулярна напрямку руху сушильного агента і вільна для його проходження), м.

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

$$F_{\text{ж.пер.к}} = L \cdot B \cdot n_{\text{н.к.}} \cdot [(\ell_k - 2 \cdot s_{\text{кол.}}) \cdot n_{\text{тр.}} \cdot (d_{\text{зов.}} + \frac{2\delta_p \cdot h_p}{t_p})], \text{ м}^2, \quad (2.39)$$

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

$n_{п.к.}$ – кількість попередньо розміщених в каналі калориферів, шт.;

l_k – довжина калорифера, м;

$s_{кол.х}$ – ширина вхідного і вихідного колектора калорифера, м. [п.1 додаток20];

$n_{тр.}$ – кількість біметалевих оребрених труб в одному ряді калорифера, шт.. [п.1 додаток20];

$d_{зов.}$ – зовнішній діаметр несучої (внутрішньої) труби біметалевої оребреної труби калорифера, (додатки 19, 20), м;

δ_p, h_p, t_p – відповідно товщина, висота і крок ребер біметалевої труби, м;

Коефіцієнт теплопередачі біметалевих водяних калориферів можна визначати за номограмою [п.1 додаток 23].

$$F_{ж.пер.к} = 6,5 \cdot 1,0 - 4 \left[(3,25 - 2 \cdot 0,12) \cdot 18 \cdot \left(0,018 + \frac{2 \cdot 0,0003 \cdot 0,015}{0,0025} \right) \right] \\ = 4,06 \text{ м}^2$$

Необхідна кількість калориферів визначається за формулою

$$n_k = \frac{F_k}{f_k}, \text{ шт.}, \quad (2.42)$$

де: f_k – площа поверхні нагрівання одного калорифера (додатки 20, 22).

Площа поверхні нагрівання біметалевих водяних калориферів сушильних камер визначається за формулою:

$$f_k = (l_k - 2 \cdot s_{кол.}) \cdot f_{1п.м} \cdot n_{тр.} \cdot m_{ряд.}, \text{ м}^2, \quad (2.43)$$

де: $f_{1п.м.}$ – площа поверхні нагрівання одного погонного метра біметалевої труби калорифера, для спрощених розрахунків приймається 1,6 м²;

$m_{ряд.}$ – рядність калорифера (кількість рядів труб), шт.

Для встановлення в сушильній камері приймається кількість калориферів з врахуванням конструкції камери.

$$f_k = (3,25 - 2 \cdot 0,12) \cdot 1,5 \cdot 11 \cdot 2 = 34,2 \text{ м}^2$$

$$n_k = 78,8 / 34,2 = 2,24 \text{ шт}$$

Виходячи з конструктивних особливостей камери приймаємо чотири калорифери довжиною 3,25 м і шириною 0,9 метра які будуть розташовані по два в передній і задній частині камери.

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

Після розрахунку необхідної кількості калориферів розробляється принципова структурна схема теплової системи сушильної камери (додаток 25). Аксонометричний спосіб розроблення структурної схеми дозволяю встановити відмітки висот розміщення теплового обладнання і орієнтовно визначити довжину трубопроводів. Розрахунок необхідної продуктивності циркуляційної помпи виконують за формулою:

$$V_{n.} = \frac{C_{м.} \cdot Q_{к.} \cdot 3600}{\rho_{пр.} \cdot c_v \cdot (t_{вх.} - t_{вих.})}, \text{ м}^3 / \text{ГОД}, \quad (2.44)$$

$$V_n = \frac{1,25 \cdot 219,5 \cdot 3600}{972 \cdot 4,19 \cdot (95 - 75)} = 12,1, \text{ м}^3 / \text{год}$$

де: $Q_{к.}$ – теплова потужність калорифера сушильної камери, кВт;

$C_{м.}$ – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в магістралі,
приймається: $C = 1,25$;

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

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

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

$t_{вих.}$ – температура теплоносія на виході з калорифера, приймається на 20°С нижчою від температури теплоносія на вході в калорифер.

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

$$d_{\text{маг.}} = \sqrt{1,27 \frac{n_{\text{кам.}} \cdot V_{\text{п.}}}{3600 \cdot \omega_{\text{т.}}} \cdot 10^3}, \text{ мм}, \quad (2.45)$$

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

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

$$d_{\text{кам.}} = \sqrt{1,27 \cdot \frac{1 \cdot 12,1}{0,8 \cdot 3600}} 1000 = 64,18 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр труби підводу теплоносія до камери 65 мм.

Діаметр магістралі визначаємо за виразом:

$$d_{\text{маг.}} = \sqrt{1,27 \cdot \frac{2 \cdot 12,1}{0,8 \cdot 3600}} 1000 = 73,7 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр магістралі 80 мм.

При зволоженні сушильного агента шляхом розпилення холодної води, діаметр зволожувальної труби, як правило, приймається 1/2" ($d_y=15$ мм).

Необхідний тиск (напір) циркуляційної помпи для подолання гідравлічного опору трубопроводу визначають за формулою:

$$H_{n.} = \frac{Z_{к.} + R \cdot \ell_{тр.} + \sum Z_i}{\rho_{пр.} \cdot g}, \quad \text{м}, \quad (2.47)$$

де: $Z_{к.}$ – гідравлічний опір калорифера (додатки 20, 22), Па;

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

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

Z_i - опір елементів трубопроводу (вентилі, фільтри, трьохходові та зворотні клапани). Гідравлічний опір елементів приведений в додатку 25.

g - прискорення земного тяжіння, м/с².

$$H_{II} = \frac{6234,4 + 109 \cdot 12 + 15120}{972 \cdot 9,8} = 6,82 \text{ м}$$

За визначеними продуктивністю і тиском (напором) підбирається необхідна циркуляційна помпа (додатки 28, 29, 30, 32, 34, 36) і визначається її встановлена потужність (додатки 27, 31, 33, 35).

Для камери приймаємо циркуляційну помпу GRUNDFOS-UPS 65-120 .

2.3 Аеродинамічний розрахунок

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

2.3.1 Розрахунок опору ділянок кільця циркуляції сушильного агента

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

$$H_{ст.} = \sum \Delta h_{ст.і} = \frac{\rho \cdot \omega_i^2}{2} \left(\frac{\xi \cdot l}{d_e} + \Psi_i \right), \text{Па}, \quad (3.1)$$

де: $\Sigma \Delta h_{cm.i}$ — сума опорів всіх ділянок кільця циркуляції сушильного агента, Па.

Складовою частиною рівняння 3.1 $\frac{\xi \cdot l}{d_e}$ можна знехтувати оскільки співвідношення довжини каналу до еквівалентного діаметра на всіх ділянках сушильної камери менше одиниці, а коефіцієнт тертя сушильного агента до стінок каналів сушильної камери на два-три порядки менший коефіцієнта місцевого опору. Виключення складає розрахунок опору руху повітря через штабель.

ρ — густина сушильного агента, кг/м³ ;

ω_i — швидкість циркуляції сушильного агента на кожній ділянці, м/с;

ξ — коефіцієнт тертя повітря до стінок каналів (пиломатеріалів і прокладок) при проходженні через штабель. Значення коефіцієнта залежить від еквівалентного діаметра прямокутного каналу та шорсткості поверхні і точності виготовлення пиломатеріалів за товщиною [7]. Для інженерних розрахунків приймається:

- для ламелей з точністю випилювання за товщиною +0,5 мм, $\xi=0,07$;
- для пиломатеріалів і заготовок випиляних на стрічкових верстатах з точністю випилювання за товщиною +1,0 мм, $\xi=0,12$;
- для пиломатеріалів і заготовок випиляних на лісопильних рамах і кругло пильних верстатах з точністю випилювання за товщиною +2,0 мм, $\xi=0,15$;

l — довжина каналу, м, приймається рівною ширині штабеля;

d_e — діаметр круглого або еквівалентний діаметр прямокутного повітропроводу, м; (еквівалентний діаметр прямокутного повітропроводу з сторонами перетину a і b , м: $d_e = 2ab/(a + b)$).

Для штабеля: a — товщина прокладки, м; b — відстань між прокладками штабеля, м.

ψ_i — коефіцієнт місцевого опору i -ої ділянки, (для осьового вентилятора $\psi=0,8$, для інших ділянок визначається за додатками [П.1])

В залежності від вибраної конструкції сушильної камери встановлюють схему циркуляції сушильного агента з послідовною нумерацією всіх ділянок. Для спрощення розрахунків подібні ділянки об'єднуються (рис.3.1)

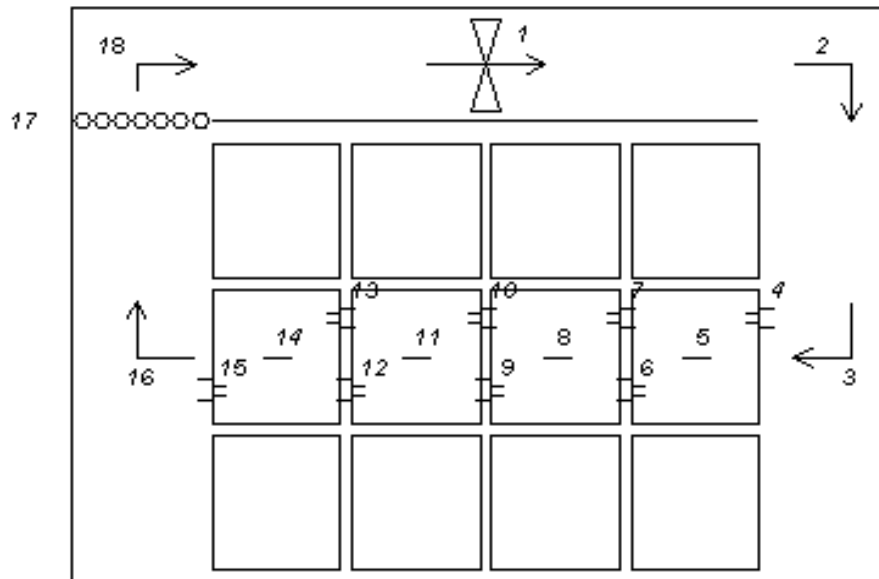


Рис. 2.4. Схема руху сушильного агента в камері з поперечно-вертикальною циркуляцією:

1 – вентилятор, 17 – калорифер, 2;18 - поворот під кутом 90° 3;16 - поворот під кутом 90° , 4;7;10;13 – вхід в штабель, 5;8;11;14 – штабель, 6;9;12;15 – вихід з штабеля.

Для визначення опору на кожній ділянці ($\Delta h_{cm.i}$) необхідно визначити швидкість циркуляції сушильного агента на певній ділянці:

$$\omega_i = \frac{V_{ц.}}{f_i}, \text{ м / с,} \quad (3.2)$$

де: $V_{ц.}$ – об'єм циркулюючого повітря в сушильній камері, $\text{м}^3/\text{с}$ (див. підрозділ 2.4);

f_i – площа живого перетину (вільного для проходження сушильного агента) i -ої ділянки в площині, перпендикулярній напрямку руху сушильного агента, м^2 . Площа живого перетину на ділянці вентиляторів визначається за формулою:

$$f_{ж.пер.в.} = \frac{\pi \cdot D_{в.}^2}{4} \cdot n_{в.}, \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

де: D_v – попередньо прийнятий діаметр вентилятора, м;

n_v – попередньо прийнята кількість вентиляторів в камері, шт.

Статичний опір руху агента сушіння через біметалеві калорифери визначається за наступними залежностями [8;16]:

- для двохрядних пластинчатих біметалевих водяних калориферів сушильних камер:

$$\Delta h_{к.} = 8,0 \cdot (\omega_{к.} \cdot \rho)^{1,72}, \text{Па}, \quad (3.4)$$

Статичний опір руху агента сушіння через біметалеві калорифери сушильної камери можна визначати за діаграмою, (додаток 45).

– для двохрядних калориферів систем опалення і вентиляції які можуть використовуватися в якості калориферів сушильних камер ПНВ113-200 (ВН2)

$$\Delta h_{к.} = 6,94 \cdot (\omega_{к.} \cdot \rho)^{1,716}, \text{Па}, \quad (3.5)$$

де: $\omega_{к.}$ - швидкість руху сушильного агента через калорифер (див.формулу 2.38);

Визначення опорів руху сушильного агента виконують для кожної ділянки і результати розрахунків заносять в таблицю 3.1.

Таблиця 2.8.

Визначення опорів руху сушильного агента на ділянках:

№ Дільниці	Назва ділянки	Коефіцієнт тертя	Еквівалентний діаметр	Площа жив.перет.ділянок	Шв.агента сушіння на дільниці	Коеф.місц.опору	Статичний опір на відпов.дільниці
1	Вентилятор			2,5	10,4	0,8	79,17
2;22	Поворот на 90 °С			6,5	3,9	1,1	17,25
4;20	Поворот на 90 °С			26,0	0,98	1,1	5,44
5;8;11;14;17;	Вхід в штабель			10,83	2,3	0,23	26,25
7;10;13;16;19;	Вихід зі штабеля			10,83	2,3	0,42	35,17
6;9;12;15;18;	Штабель			10,83	2,3	15,2	99,23
3;21	Калорифер			4,06	6,4		64,15
Разом							326,66

2.3.3. Вибір вентилятора і розрахунок потужності електродвигуна

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

$$H_{np.} = \frac{H_{ст.} \cdot 1,2}{\rho}, \text{ Па}, \quad (3.6)$$

За приведеним тиском $H_{np.}$, Па, згідно характеристик вентиляторів (додатки 40; 41) вибирають вентилятор (номер або діаметр вентилятора,

частоту обертання) і визначають його продуктивність, V_v , м³/с. Кількість вентиляторів визначають за формулою:

$$n_v = \frac{V_{ц.}}{V_v}, \text{шт}, \quad (3.7)$$

$$n_v = \frac{25,99}{5,2} = 4,99 \text{ шт}$$

Приймаємо 5 осьових вентиляторів SIEMANS, №8.

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

$$N_v = \frac{H_{пр.} \cdot V_v \cdot 10^{-3}}{\eta_v \cdot \eta_n}, \text{кВт}, \quad (3.8)$$

$$N_v = \frac{380,57 \cdot 5,2}{0,95 \cdot 1} \cdot 10^{-3} = 2,08$$

де: η_v – коефіцієнт корисної дії вентилятора, вибирають за характеристикою (додаток 42);

η_n – коефіцієнт корисної дії передачі (якщо вентилятор встановлений на валу електродвигуна – 1; якщо електродвигун і вентилятор з'єднані через муфту – 0,95; якщо клинопасовою передачею – 0,9...0,95).

Для вибору електродвигуна визначають встановлену потужність за наступною формулою:

$$N_{вст.} = N_v \cdot K_3, \text{кВт}, \quad (3.9)$$

$$N_{вст.} = 2,08 \cdot 1,25 = 2,61 \text{ кВт}$$

Приймаємо потужність електродвигуна 3,0 кВт.

де: K_3 – коефіцієнт запасу потужності на пусковий момент (додаток 33).

2.4. Розрахунок транспортного обладнання

2.4.1. Розрахунок автотранспорту

Продуктивність автотранспорту визначається за формулою

$$P = K_p \cdot \frac{T_{зм} \cdot E_{шт}}{\frac{L_n}{\omega_1} + \frac{L_n}{\omega_2} + t_d} \quad (2.47)$$

Розрахунок автотранспорту

$$P_{зм} = 0,8 \cdot \frac{480 \cdot 6,24}{\frac{14}{65} + \frac{14}{80} + 8} = 3,6 \text{ м}^3/\text{зміну};$$

$$Q_{зм} = \frac{1200}{335} = 29,85 \text{ м}^3/\text{зміну}.$$

Кількість автотранспорту

$$n = \frac{3,6 \cdot 1,3}{3,6 \cdot 0,85} = 0,37$$

Для сушильного цеху приймаємо один автотранспорту Balkar.

2.5. Розрахунок кількості електроенергії

2.5.1 Розрахунок річної потреби в силовій електроенергії

Необхідну кількість силовій електроенергії протягом року визначають за формулою

$$W_a = \sum N_{вст} \cdot \tau_{розр} \frac{K_3 \cdot K_o}{K_D \cdot K_{втр}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \quad (2.50)$$

Розрахунки річної потреби електроенергії приведені в 5.1.

2.5.2 Розрахунок потреби електроенергії на освітлення

Загальні втрати електроенергії на освітлення

Таблиця 2.9 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 $K_{п}$	Тривалість роботи обладнання, год/рік	Річна потреба в електроенергії W_a , кВт×год
1		1							
2	Вентилятор	10	ВК№8	3,0	10	30,0	0,9	7824	196668,0
3	Помпа	2	GRUNDFOS 65/120	0,82	2	1,64	0,6	7824	7698,8
4	Автоматика	2	MS-201	0,29	2	0,58	1,0	7824	4537,9
Сума									208904,7

Таблиця 2.10 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 світильни-ків, год/рік	Річна потреба в електро-енергії W _{ос} , кВт·год
1	Коридор управління	23,4	20	0,84	4562	1872,2
2	Зовнішнє освітлення	362	0,86	1,0	4553	1617,4
сума						3489,6

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

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

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

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення зводимо в таблицю 2.11.

$$W_{заг} = 208904,7 + 3489,6 = 212394,3 \text{ кВт/год}$$

2.6. Визначення витрат води

2.6.1. Витрата води на зволоження.

$$Q_{огзим} = T_{річ} \cdot V_{вод} \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ ,т/рік,} \quad (8)$$

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

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

n – кількість камер, шт.

$$Q_{огзим} = 335 \cdot 16,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 11,1 \text{ ,т/рік,}$$

2.6.2. Витрати води на протипожежні потреби

$$B_{пож} = \frac{52 \cdot (600 \cdot m_3 + 300 \cdot m_6) \cdot 5}{1000} \text{ ,т/рік} \quad (9)$$

де 52 – кількість тижнів у розрахунковому році;

m_3 і m_6 – кількість зовнішніх і внутрішніх гідрантів, один гідрант встановлюють на площу 300...500 м²;

5 – час, у хвиликах, щотижневої перевірки гідрантів;

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

$$B_{пож} = \frac{52 \cdot (600 \cdot 1 + 300 \cdot 1) \cdot 5}{1000} = 243 \text{ т/рік.} \quad (10)$$

2.6.3. Витрати води на побутові потреби

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

Тоді річні витрати води складають

$$V_{\text{поб}} = q \cdot m \cdot n \cdot \tau_{\text{річн}} \cdot 10^{-3}, \text{ т/рік} \quad (11)$$

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

n – кількість змін роботи цеху;

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

$$V_{\text{поб}} = 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 253 \cdot 10^{-3} = 6,11 \text{ т/рік.}$$

Загальні витрати холодної води на рік складають

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{кот}} + V_{\text{пож}} + V_{\text{поб}}, \text{ т/рік.} \quad (12)$$

$$V_{\text{заг}} = 11,1 + 243 + 6,14 = 260,24 \text{ т/рік.}$$

**Зведена відомість необхідної кількості обладнання
сушильної дільниці**

Таблиця 2.11. Зведена відомість обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Примітка
1.	Сушильна камера KSK	2	
2.	Вентилятор осьовий WR№8	10	
3.	Біметалеві калорифери	8	
4.	Насос циркуляційний GRUNDFOS-UPS 65-120	2	
5.	Автоматика керування процесу сушіння MS-201	2	
6.	Вологомір	1	
7.	Ворота сушильної камери	2	
8.	Засувки припливно-витяжних каналів	12	
9.	Система зволоження в камерах	2	
10.	Автовантажувач	1	

2.8 Технологія процесу сушіння в конвективних сушарках KSK

2.8.1. Особливості формування сушильних штабелів

На ТзОВ “Грін Вуд” для виготовлення клеєних щитів будуть використовуватися необрізні пиломатеріали деревини ясена. Особливість виготовлення клеєних щитів на підприємстві ТзОВ “Грін Вуд” полягає в тому, що склеєнню підлягають заготовки (ламелі) після розкрою сухих необрізних пиломатеріалів. Використання спеціальних дискових строгальних пил для розкрою необрізних дощок не вимагає операції стругання крайок заготовок перед склеюванням. Дана обставина має визначальне значення стосовно сушіння ясенових необрізних пиломатеріалів. Тобто сушінню підлягають дошки в необрізному вигляді. Формування сушильних пакетів здійснюється ручним способом в піднавісах для зберігання сушильних пакетів перед сушінням. Для виготовлення меблевого щита необхідно необрізні дошки висушити до заданої кінцевої вологості. Розкрій необрізних пиломатеріалів на заготовки перед склеювання здійснюється в сухому вигляді. Така технологія виробництва дозволяє оптимізувати поздовжній розкрій необрізних пиломатеріалів на заготовки з отриманням максимальних якісних показників. Суть полягає в тому, що в процесі оптимізації розкрою необрізних пиломатеріалів на заготовки здійснюється відбір заготовок за якісними показниками. Отримані заготовки розсортовуються на три групи якості в залежності від наявності вад деревини.

Сушильні пакети мають ширину 1,1 метра, висоту – 1,3 метра і довжину рівну довжині колоди яка складає 3,0 метра. Висота штабеля 1,3 метра встановлена виходячи з висоти до фальшстелі конвективної сушильної камери яка становить 4,2 метра. З врахуванням товщини міжпакетних прокладок за висотою камери буде завантажуватися три сушильних пакети висотою по 1,3 метра кожен. При завантаженні сушильної камери за висотою будуть встановлюватися три ряди пакетів. Для зберігання сушильних пакетів перед

завантаженням в сушильні конвективні камери на підприємстві необхідно облаштувати піднавіс для зберігання готових сушильних пакетів. Приклад загального вигляду такого піднавісу приведений на рисунку 2.5. Піднавіси виконують важливу функцію для забезпечення якісних показників пиломатеріалів в процесі зберігання перед завантаженням в сушильну камеру. Оскільки не допустимо розтріскування і зміна кольору пиломатеріалів перед сушінням. Для забезпечення виконання даних вимог необхідно забезпечити надійне продування сушильних пакетів з метою попередження ураження дощок грибами. Також потрібно захистити сушильні пакети від прямого сонячного проміння, оскільки це може спричинити торцеве розтріскування, а також виникнення тріщин на пластах пиломатеріалів.



Рисунок 2.5. Приклад загального вигляду піднавісів для зберігання сушильних пакетів перед завантаженням в конвективну сушильну.

Для формування сушильних пакетів використовуються міжрядні прокладки. Товщина і ширина міжрядних прокладок вибирається за спеціальними рекомендаціями для певної товщини, породи і виду

пиломатеріалів. В нашому випадку для ясенових необрізних пиломатеріалів товщиною 29 і 32 міліметри, товщина прокладок складає 25 міліметрів. Прокладки виготовляються з деревини ялини для попередження виникнення слідів від прокладок після сушіння.

2.8.2. Сушіння в конвективній камері

Сучасна система автоматичного контролю і управління конвективною сушильною камерою MS-201 дозволяє провидити процес сушіння згідно сьгоднішніх завдань які ставляться до технологічного процесу конвективного сушіння пиломатеріалів. Загальна мета і принципи сушіння показані на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6. Мета і принципи сушіння.

Основна мета сушіння – досягнення необхідної (заданої) кінцевої вологості деревини, що рівна рівноважній вологості для умов експлуатації $\pm 1,5\%$ для забезпечення стабільності форми і розмірів деталей і виробів з деревини при

експлуатації. Для досягнення поставленої мети автоматична система управління повинна підтримувати режимні параметри сушильного агента під час сушіння (T_c і T_m ; T_c і ϕ або T_c і W_p) на заданому рівні, в залежності від стану деревини (вологості) або часу. А також керування роботою реверсивних вентиляторів і регулювання швидкості циркуляції сушильного агента. Забезпечення поставлених вимог дозволить отримати високі якісні показники висушених пиломатеріалів. Звичайно головні бажання в процесі сушіння (принцип ефективності) це:

- мінімальна тривалість;
- мінімізація витрат теплової і електричної енергії (дешевизна технологічного процесу сушіння).

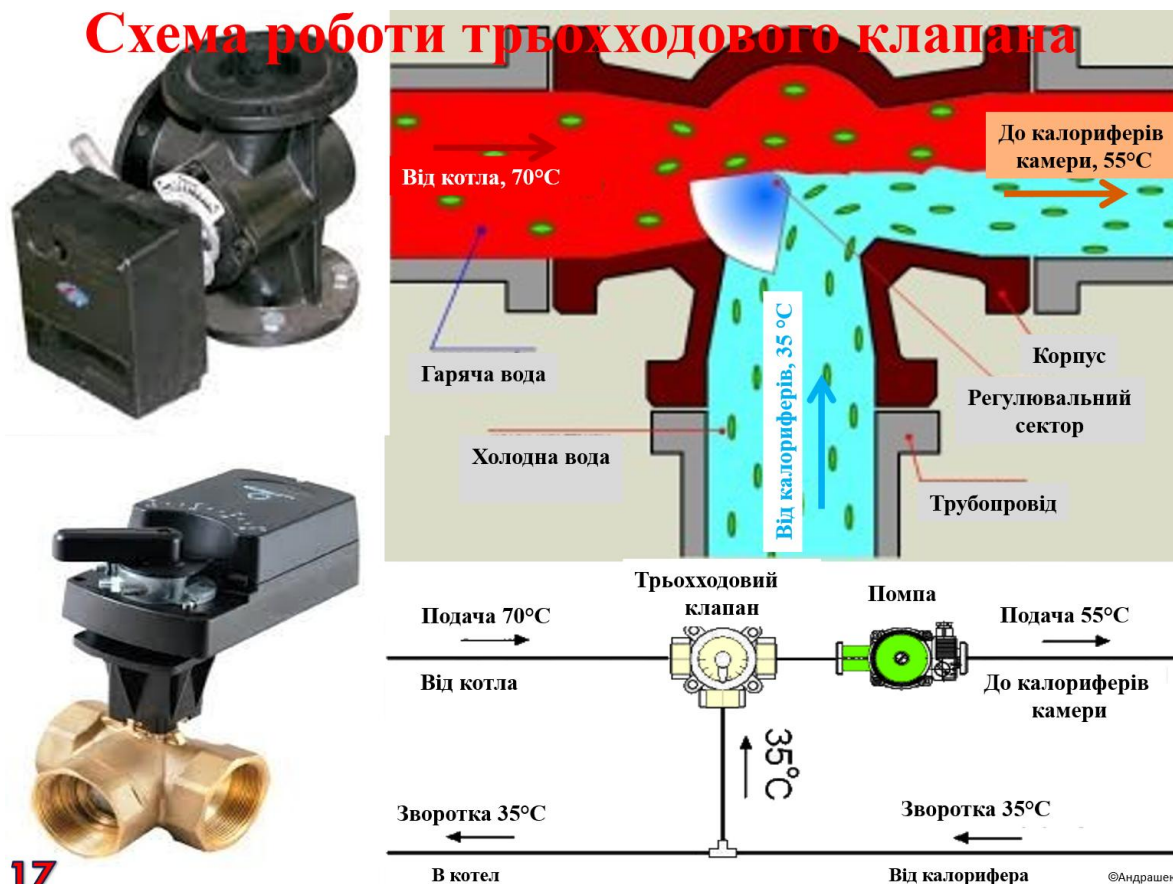
Але поряд з цим потрібно виконати необхідні умови (принцип безпечності), саме:

- збереження цілісності деревини (без тріщин);
- допустима зміна кольору і допустима покоробленість.

Для досягнення поставленої мети автоматична система керування і управління сушильною камерою повинна підтримувати на заданому рівні температуру і відносну вологість сушильного агента, а з метою економії електричної енергії система повинна регулювати швидкість руху сушильного агента через штабелі висушуваного матеріалу в залежності від значення біжучої вологості пиломатеріалів що підлягають сушінню.

Підтримання заданої температури сушильного агента в камері досягається шляхом регулювання подачі теплоносія в калорифери теплової системи конвективної сушильної камери. Таке регулювання здійснюється за допомогою трьохходового клапана. Загальний принцип роботи трьохходового клапана показаний на рисунку 2.7.

Схема роботи трьохходового клапана



17

Рисунок 2.7. Принцип роботи трьохходового клапана.

Трьохходовий клапан оснащений механізмом приводу, власне за допомогою нього система автоматичного управління здійснює регулювання температурою сушильного агента в конвективній камері.

Регулювання відносною вологістю сушильного агента (рівноважною вологістю деревини) виконується за допомогою припливно-витяжних каналів і системи зволоження сушильною камерою. Коли відносна вологість сушильного перевищує заданий показник режиму сушіння система автоматичного контролю через привід здійснює відкриття припливно-витяжних каналів. Якщо відносна вологість сушильного агента має значення менші ніж задані за режимом то відбувається закриття припливно-витяжних каналів. Коли припливно-витяжні канали повністю закриті і не вдається підняти відносну вологість сушильного агента до заданого рівня то автоматична система включає клапан подачі води в систему зволоження сушильної камери.

Загальний вигляд процесора автоматичної системи автоматичного контролю і управління конвективною сушильною камерою MS-201 показаний на рисунку 2.8.

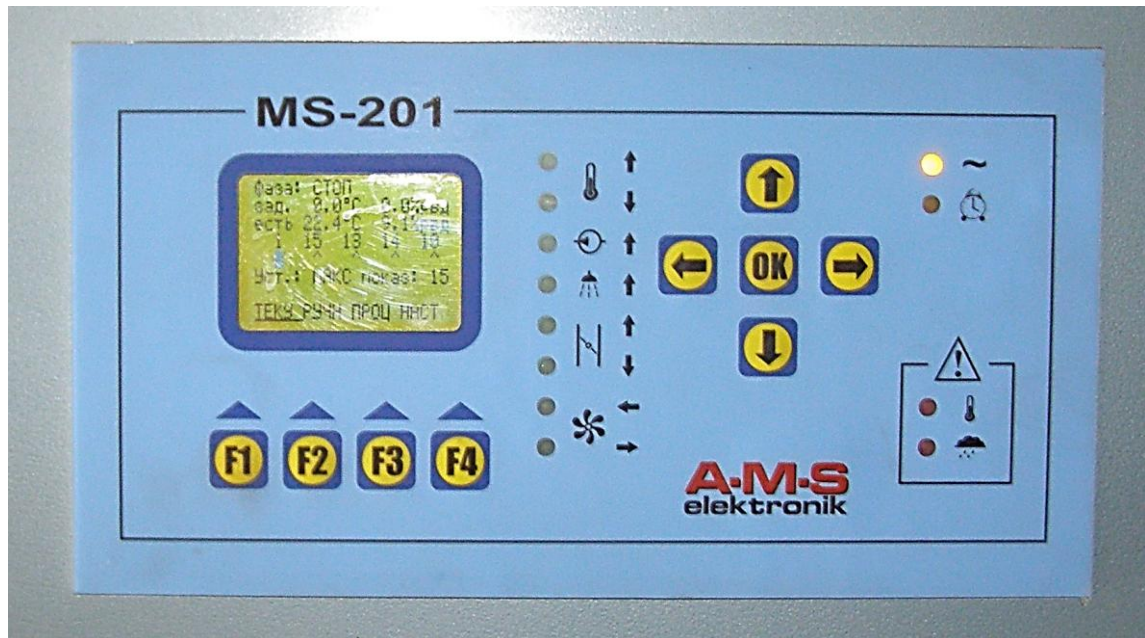


Рисунок 2.8. Загальний вигляд процесора системи автоматичного контролю і управління конвективною сушильною камерою MS-201.

На екрані процесора відображається задане і фактичне значення температури сушильного агента, задане і фактичне значення рівноважної вологості сушильного агента, 5 значень біжучої вологості висушуваних пиломатеріалів і значення актуальної вологості. Актуальна вологість – це вологість на яку реагує автоматична система управління. Це може бути максимальне, мінімальне чи середнє значення показників біжучої вологості деревини.

Структурно-логічна схема роботи автоматичної системи контролю і управління конвективною сушильною камерою MS-201 показана на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9. Структурно-логічна схема роботи автоматичної системи контролю і управління конвективною сушильною камерою MS-201.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Аналіз довкілля і умов праці на виробництві

-Технологічні викиди сушильного цеху

В технологічному процесі конвективного сушіння пиломатеріалів в конвективних сушильних камерах в будівельних огороженнях на підприємстві ТзОВ “Грін Вуд” до основних викидів відносяться водяна пара і вода яка утворюється в процесі сушіння деревини. Дані речовини не відносяться до шкідливих викидів і не має потреби здійснювати певні заходи стосовно захисту навколишнього середовища. Інших шкідливих викидів в технологічному процесі сушіння ясеневих пиломатеріалів в сушильних камерах в будівельних огороженнях на підприємстві ТзОВ “Грін Вуд” не утворюється.

-Енергетичні витрати сушильного господарства

Для забезпечення нормальної роботи конвективних сушильних камер в будівельних огороженнях на підприємстві ТзОВ “Грін Вуд” використовуються наступні енергетичні ресурси:

- Теплоносій для калориферів теплової системи сушильних камер
 - гаряча вода з температурою 95 °С загальною кількістю - 480 кВт.
- Система зволоження сушильної камери - звичайна вода температурою від 5 до 30 С°.
- Загальна встановлена електрична потужність обладнання двох сушильних камер в будівельних огороженнях становить – 31,6 кВт.

-Пожежна безпека

Хоча конвективна сушильна камера в будівельних конструкціях не становить об’єкту сильної пожежної небезпеки, але потрібно дотримуватися загально

прийнятих пожежних вимог. Натомість для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов і техніки безпеки необхідно:

1. Завжди перед початком роботи сушильної камери потрібно виконати перевірку роботи форсунок системи зволоження. В разі виникнення пожежежі система зволоження використовується як система пожежогасіння.
2. Не рідше як один раз на протязі кварталу необхідно перевірити стан затяжки електричних клем в силовій електричній шафі з метою запобігання збоїв в роботі і виникнення пожеж.
3. Хоча б раз у півроку здійснити перевірку води для системи розпилення на жорсткість для забезпечення нормальної роботи форсунок системи зволоження.
4. Датчик рівноважної вологості (целюлозну вставку) замінити після кожного процесу сушіння перед запуском сушильної камери.

-Вимоги стосовно техніки безпеки при роботі сушильної камери

1. Після формування сушильних пакетів необхідно перевірити їх на стабільність укладки, в разі виникнення зауважень сушильні пакети перекласти заново.
2. Оскільки завантаження (розвантаження) конвективної сушильної камери виконується автотранспортом то необхідно щоб люди не знаходилися в зоні роботи автотранспорту (в полосі руху, під штабелем, на штабелі, або близько біля нього).
3. До керування роботою сушильної камери повинні допускатися працівники які пройшли навчання, в тому числі з правил техніки безпеки.
4. Коли за необхідності працівник заходить в сушильну камеру через технологічні двері то перед тим повинні бути виключені вентилятори і зупинена робота системи зволоження. Необхідна підстраховка ще одним працівником того хто заходить в камеру.

5. В сушильній камері заборонене куріння і вхід з відкритим вогнем.
6. При відкриванні (закриванні) воріт сушильної камери ніхто не повинен знаходитися в зоні руху полотна воріт.
7. При проведенні обслуговування або ремонті механічної чи електричної системи сушильної камери необхідно вимкнути головний вимикач силової шафи і запобігти його випадковому включенню.

Розміщення сушильного цеху на території ТзОВ “Грін Вуд” відповідає санітарним і протипожежним нормам проектування промислових підприємств. Проектний цех розміщений на вирівняній і спланованій території з врахуванням вимог розміщення виробничих приміщень відносно сторін горизонту і рози вітрів. Територія цеху огорожена і тримається у відповідному санітарно-гігієнічному стані. Для тимчасового зберігання відходів виробництва та сміття обладнуються спеціальні площадки з твердим покриттям.

Будівля сушильного цеху одноповерхова, має два виходи для аварійної евакуації і відноситься до другого ступеня вогнестійкості. Протипожежне водозабезпечення здійснюється від центральної системи водопостачання. Також на території підприємства знаходиться два резервуари з водою об’ємами в 300м³ і два резервуари з піною в 150м³. Санітарні вимоги задовільні.

3.1.2. Характеристика факторів виробничого процесу та умов праці робочого місця (дільниці, цеху)

У відповідності до СН 245-86 для проєктованих промислових будівель і приміщень температура повітря у виробничих приміщеннях повинна бути, в залежності від важкості виконуваних робіт, в холодний період року +14..21°C, в літній +17...25°C, відносна вологість повітря 60 %. Швидкість руху повітря 0,3...0,5 м/с.

Практично всі роботи окрім укладання і розбирання штабелів є автоматизованими. Процес сушіння в камері відбувається строго по встановленому режиму і контролюється ЕОМ. Ручні операції які виконуються у технологічному процесу сушіння є незначними і нетрудкомісткими. Транспортування сировини, завантаження його в камеру і укладання штабелів відбувається за допомогою автонавантажувача.

Все обладнання для формування штабелів, завантаження їх в сушильну камеру, вивантаження із сушильної камери, обладнання для розбирання штабелів відноситься до підйомно-транспортних засобів.

Для забезпечення безпеки тягових механізмів (лебідки) необхідно виконувати наступні вимоги:

- огородити кожухами зубчаті передачі туєра, забезпечити їх автоматичними зупиняючими механізмами;
- кнопки вмикання-зупинки механізмів мають мати електричне блокування.

Власне роботи по формуванню штабелів відбуваються при різних погодних умовах на відкритому повітрі. Тому потрібно забезпечити працюючих спецодягом та засобами індивідуального захисту.

Виробничі, побутові, допоміжні та інші приміщення мають штучне та природне освітлення .

На робітників також має місце шкідлива дія вібрації. Вібрація — це коливання твердих тіл, частин апаратів, машин, устаткування, споруд, що сприймаються організмом людини як струс.

При вібрації виробничих механізмів передаються їх швидкі коливальні і обертальні рухи контактуючим з ними предметам в тому числі працівникам. Причиною порушення вібрації є виникаючі при роботі машин неурівноважені

силові впливи: ударні навантаження; зворотно-поступальні переміщення; дисбаланс. Причиною дисбалансу є: неоднорідність матеріалу; розбіжність центрів мас і осей обертання; деформація.

Вібрація - загальнобіологічний шкідливий чинник, що призводить до фахових захворювань - віброзахворювань, лікування котрих можливо тільки на ранніх стадіях. По способі передачі на людину вібрація підрозділяється на загальну і локальну. Загальна - діє через опорні поверхні ніг на весь організм у цілому. Локальна - на окремі ділянки тіла. Загальну поділяють по характері передачі на: транспортну(при прямуванні машин); транспортно-технологічну (при виконанні роботи машиною прямування: кран, бульдозер); технологічну (при роботі механізмів і людина знаходиться поруч).

Часто вібрації супроводжуються почутим шумом.

Вібрація впливає на: центральну нервову систему, шлунково-кишковий тракт, вестибулярний апарат, викликає запаморочення, оніміння кінцівок, захворювання суглобів, а тривалий вплив вібрації викликає фахове захворювання – вібраційну хворобу.

3.1.3. Екологічний стан підприємства

Умови праці у сушильному цеху є задовільними, не шкідливими. Всі відходи які виникають під час проведення технологічних операцій на підприємстві спалюються в котлі чим забезпечують тепlopостачання в виробничі приміщення і сушильну камеру. Стічні води не забруднюються, присутні незначні об'єми викидів CO₂ в атмосферу за рахунок спалюванню тирси і кускових відходів деревини в котлі.

Основні джерела забруднення атмосфери і виробничих стічних вод підприємством:

- Шумове та вібраційне забруднення від рухомих деталей сушильних камер (джерело - двигуни вентиляторів у сушильних камерах)
- Викиди двоокису вуглецю в атмосферу при спалюванні палива в котельні
- Пилове забруднення повітря

3.1.4 Висновки за результатами аналізу

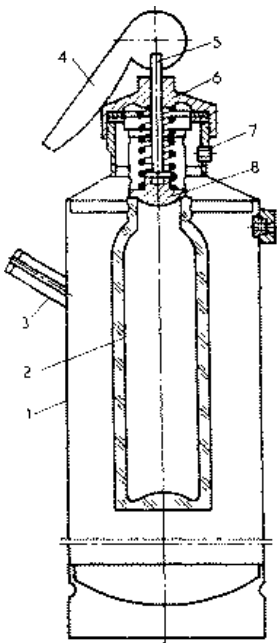
Проаналізувавши умови праці можна зробити наступні висновки:

- Санітарно-гігієнічний стан підприємства – задовільний.
- Рівень шуму відповідає санітарним нормам.
- Вплив вібрації відповідає нормам.
- Освітлення потребує допрацювань.

3.2 Заходи щодо покращення умов праці та зменшення впливу виробництва на довкілля

Для покращення стану пожежної безпеки в цеху пропонуємо додатково обладнати приміщення пожежною сигналізацією та пожежним інвентарем, а саме вогнегасниками. Перевірити наявність ємностей з піском і сокир. Вогнегасники - технічні пристрої, призначені для гасіння пожеж в початковій стадії їх виникнення.

Пінні вогнегасники застосовують для гасіння піною загорянь майже всіх твердих речовин, що починаються, а також горючих і деяких легкозаймистих рідин на площі не більше 1 м². Утворення піни відбувається внаслідок реакції між лужною масою (на основі NaHCO_3), залитої в сталевий корпус вогнегасника, і кислотної (на основі $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}(\text{SO}_4)_3$), залитої в поліетиленовий стакан, поміщений у верхній частині корпусу. Щоб привести в дію хімічний пінний вогнегасник, необхідно рукоятку, яка відкриває клапан кислотного стакана, підняти вгору, вогнегасник перекинути вниз голівкою. Внаслідок реакції між кислотною і лужною масами, які випливають із стакана, перед входом у насадок виникає вуглекислий газ, який створює усередині корпусу тиск 1,4 МПа (14 кгс/см²), що струменем



виштовхує піну. Гасити піною електричні установки, що зажеврили, і електромережі, що знаходяться під напругою, не можна, оскільки вона є провідником електричного струму. Крім того, пінні вогнегасники не можна застосовувати при гасінні лужних металів натрія і кадію, тому що вони, взаємодіючи з водою, що знаходиться в піні, виділяють водень, який посилює горіння, а також при гасінні спиртів, оскільки вони поглинають воду, розчиняючись в ній, і при попаданні на них піна швидко руйнується.

3.3 Екологічні міроприємства

В процесі проектування сушильного господарства для забезпечення екологічної безпеки роботи дотримувалися таких принципів:

В процесі проектування:

- строго виконувати вимоги показників безпеки які відносяться до екологічності роботи сушильного господарства;
- завжди пропонувати міроприємств для оцінки впливу даного проектного цеху на довкілля, тобто ОВНС;
- неухильно дотримуватися ергономічних вимог для забезпечення нормальної роботи працівників;

В процесі експлуатації конвективної сушильної камери:

- дотримуватися рекомендацій і вимог з обліку (інвертиризації) викидів з сушильного господарства в довкілля;
- на кожну сушильну камеру повинен бути розроблений екологічний паспорт;
- в процесі експлуатації сушильних камер належну увагу приділяти питанням застосування енергоощадних технологій;
- приділяти належну увагу і дотримуватися вимог регламентів які визначають безпечну роботу обладнання сушильних камер.

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У економічній частині бакалаврської роботи розраховуються та аналізуються техніко-економічні показники проекту, визначаються його результативні показники.

Вихідними даними для розробки економічної частини бакалаврської роботи є матеріали підприємства, зібрані під час проходження бакалаврської кваліфікаційної практики на підприємстві ТзОВ «Грін Вуд», а також показники та нормативи, встановлені у результаті розробки технологічної частини проекту.

Показники та норми, встановлені в результаті розробки технологічної та інших частин проекту, наведені 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 бакалаврської роботи.

Оформлені у підсумкову таблицю, виносяться у якості ділової графіки на захист бакалаврської роботи та служать ілюстрацією економічної доцільності її впровадження у виробництво.

Ціни на все устаткування приймаємо у відповідності до середньо ринкових цін, які є актуальними на даний період в Західному регіоні України.

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

№ з/п	Назва показників	Одиниці виміру	За проектом
1	Система сушильних камер	марка	KSK
2	Кількість сушильних камер	шт	2
3	Площа сушильного цеху. В т.ч. побутові приміщення для формування штабелів, проходи,проїзди, тощо	м ²	392,0
		м ²	184,0
4	Річна програма сушіння: ● в натуральному матеріалі ● в умовному матеріалі	м ³	1200,0
		м ³ ум	3443,9
5	Число днів роботи камер на рік	дні	335
8	Потреби дров на сушіння	м ³	249,5
9	Загальна потреба дров	м ³	275,0
10	Витрати електроенергії на сушіння	кВт/год	208904,7
11	Витрати електроенергії на освітлення	кВт/год	3489,6
12	Витрати води на технологічні цілі	м ³	11,1

Таблиця 4.2

Розподіл витрат собівартості сушіння натурального лісоматеріалу

№ з/п	Види лісоматеріалу	Річна програма сушіння лісоматеріалу, м ³	
		В натуральному матеріалі	В умовному матеріалі
1	Ясен, необрізна дошка 32х н/о х3000	550	1675,1
2	Ясен, обрізна дошка 29х н/о х3000	650	1768,8
	Разом	1200	3443,9

Таблиця 4.3

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	KSK	2	1292,70	2585,40
	Разом	—	2	—	2585,40
II. Транспортні засоби					
	Разом	—			
III. Електронно-обчислювальні машини					
1					
	Разом	—	—	—	—
IV. Інші основні засоби (10% від I + II + III)					258,40
V. Всього					2843,94
VI. Транспортно-монтажні витрати (10 – 25 % від V), %					571,06
ЗАГАЛЬНА СУМА ВИТРАТ					3415,00

Таблиця 4.4

Розрахунок вартості електроенергії, води і дров

№	Напрямок використання	Одиниці виміру	Споживання на рік	Ціна, тариф за одиниці, грн	Сума, тис. грн
1	2	3	4	5	6
1	Електроенергія				
	- на сушіння	кВт-год	208904,7	10,25	2141,27
	- на освітлення	кВт-год	3489,6	-/-	35,77
	Разом	кВт-год	212394,3	-/-	2177,04
2	<u>Дрова</u> (пара)				
	- загальна потреба	м ³ (тон)	275,0	1200,00	330,00
	Разом	-/-	275,0	-/-	330,00
3	Вода				
	- на технологічні цілі	т	11,1	45,80	0,51
	- на побутові і протипожежні потреби	т	-	-	-
	Разом	т	11,1	-/-	0,51
	Всього		-	-	2507,55

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	1200	1	120	960	1774	0,54	71,85
2	Розбирання штабелів із сортуванням	Норм.	Відряд.	III	75,00	—	18	1200	1	66,7	533,3	1774	0,30	39,91
3	Оператор сушильної камери	Шкідл.	Погод.	V	88,70	1	—	—	3	1005	6030	1774	3,40	535,00
4	Разом	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,24	646,76
5	Додаткова зарплата (20%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	129,35
6	Всього фонд оплати праці робітників	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	776,11
7	Фонд оплати праці службовців	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	336,00

Таблиця 4.6

Кошторис собівартості сушіння умовного лісоматеріалу

№ з/п	Показники	На 1 м ³ , гривень	На програму, тис. грн.
	Просушити матеріалу (м ³):		
	Натурального		1200,0
	Умовного		3443,9
	Статті витрат	—	—
1	Електроенергія, пара, вода	728,11	2507,55
2	Витрати на оплату праці працівників	322,92	1112,11
3	Витрати на загальнообов'язкове соціальне страхування (22%)	71,04	244,66
4	Амортизація основних засобів	304,09	1047,26
5	Витрати на ремонти основних засобів	101,07	348,07
6	Витрати на охорону праці, техніку безпеки та охорону довкілля	16,15	55,61
7	Виробнича собівартість сушіння	1543,38	5315,26
8	Плановий прибуток	306,62	1055,95
9	Відпускна ціна без ПДВ	1850,00	6371,21

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

$A_{\text{проект}} = (4320,00 * 0,0776) + (3415,00 * 0,2085) = 335,23 + 712,03 = 1047,26$ тис грн.

Таблиця 4.7

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, необрізна дошка 32х н/о х3000	550	1675,1	4700,57
3	Ясен, обрізна дошка 29х н/о х3000	650	1768,8	4199,89
4				
5				
6				
7				
8				
9				
	Разом	1200	3443,9	–
	Середня собівартість сушіння 1м ³ лісоматеріалу			4429,37

Таблиця 4.8

Техніко-економічні показники

№ з/п	Показники	Один. вимірювання	За проектом
1	Система сушильних камер	—	KSK
2	Кількість сушильних камер	шт	2
3	Річна програма сушіння: <ul style="list-style-type: none"> • в натуральному матеріалі • в умовному матеріалі 	м ³ м ³ ум.	1200,0 3443,9
4	Відпускна ціна річного обсягу сушіння	тис. грн.	6371,21
5	Спискова чисельність ПВП	осіб	5
6	Фонд оплати праці, разом у т. ч. робітників	тис. грн. тис. грн.	1112,11 776,11
7	Середньомісячна заробітна плата одного працівника ПВП	гривень	18535,17
8	Річна сума витрат на сушіння	тис. грн.	5315,26
9	Собівартість сушіння 1 м ³ <ul style="list-style-type: none"> • умовного лісоматеріалу • натурального лісоматеріалу 	грн. грн.	1543,38 1543,38
10	Прибуток до оподаткування	тис. грн.	1055,95

Висновки

Результати виконаних розрахунків засвідчують, що даний інвестиційний проект забезпечує прибуток від реалізації продукції в сумі 1055,95 тис. грн. на рік на основі застосування сучасної та передової технологій.

На цій підставі проект може бути рекомендовано до впровадження.

Використана література:

1. Андрашек Й.В., Кушпіт О.М. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія сушіння і захисту деревини» - Львів: НЛТУ України, 20.-69 с.
2. Білей П.В., Павлюст В.М., Сушіння і захист деревини. Підручник. – Львів, Ліга. Прес, 2008.-312 с.
3. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: Підручник, вид.5-те доповн.- Львів: Афіша, 2001-350с.
4. Сторожук В.М., Озарків І.М., Кенс І.Р. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу « Охорона праці та навколишнього середовища» випускної роботи бакалавра – Львів, 2011-12 с.
5. Методичні вказівки для розробки економічної частини бакалаврської роботи. Напрямок сушіння деревини. – Львів 2011-27с.
6. Закон України «Про охорону праці»
7. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
8. ДСН 3.3.6-037-99- «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»
9. ДСН 3.3.6-039-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
10. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні
11. НАПБ Б.03.001-2004 Типові норми належності вогнигасників