

Національний лісотехнічний університет України

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій меблів та виробів з деревини

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення криволінійних заготовок методом гнуття цільної деревини та гнуття з одночасним склеюванням»

Виконав: студент VI курсу, групи ТМД-61м
спеціальності: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Магістр: Биховченко Богдан Вікторович

Керівник: Грицак Степан Андрійович, к.т.н., доцент.

(ПБ, науковий ступінь та вчене звання)

Рецензент: Губер Ю.М., к.т.н., доцент

(ПБ, науковий ступінь та вчене звання)

м. Львів – 2025 рік

Державний вищий навчальний заклад
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут

Деревообробних технологій і дизайну

Кафедра

Технологій меблів та виробів з деревини

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Спеціальність

187 «Деревообробні та меблеві технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.

Кійко О.А.

“ 10 ” 06 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМ/РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТУ**

Биховченко Богдан Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення криволінійних заготовок методом гнуття цільної деревини та гнуття з одночасним склеюванням.»,

керівник роботи Грицак С.А., к.т.н., доцент

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від “ 10 ” 06 2025 року

№ С-344.

2. Строк подання студентом роботи 15.12.2025

3. Вихідні дані до роботи: Розробити два варіанти технологічного процесу виготовлення криволінійних заготовок (гнутих та гнутоклеєних) на основі вітчизняного обладнання. Розрахувати собівартість виготовлення при оптимальній програмі завантаження.

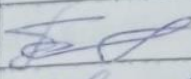
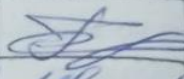
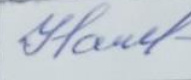
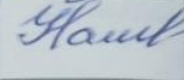
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

1. Стан питання і методика дослідження. 2. Технологічний розділ. 3. Енергозабезпечення. 4. Охорона праці. 5. Економічний розділ.

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

1. Креслення заготовки – 1 арк. 2. Плани цехів. 3. Презентація

6. Консультанти розділів роботи

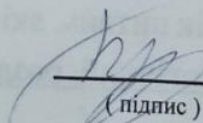
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	доц. Сомар Г.В.		
Економіка	доц. Наливайко Н.Я.		

7. Дата видачі завдання 04.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

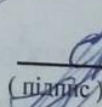
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Стан питання	01.09.2025	
2.	Методика проведення досліджень	15.09.2025	
3.	Технологічний розділ	01.11.2025	
4.	Охорона праці	20.11.2025	
5.	Економічний розділ	10.12.2025	
5.	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2025	

Студент


(підпис)

Биховченко Б.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Грицак С.А.
(прізвище та ініціали)

Анотація

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження технологій виготовлення криволінійних заготовок із деревини, які широко застосовуються у меблевому та деревообробному виробництві. Проведено аналіз сучасних і традиційних методів формоутворення криволінійних елементів, визначено їх технологічні, економічні та експлуатаційні особливості.

Для порівняльної оцінки ефективності технологічних рішень розглянуто два варіанти виробництва криволінійних заготовок:

- **варіант I** — гнуття заготовок із масивної деревини;
- **варіант II** — гнуття з одночасним склеюванням шарів деревини.

Для кожного з варіантів виконано розрахунок потреби в сировині, основних і допоміжних матеріалах, а також визначено обсяги споживання енергоносіїв. Розроблено відповідні технологічні процеси виготовлення криволінійних деталей із урахуванням вимог до якості продукції, продуктивності обладнання та організації виробництва.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та безпеки виробничих процесів, зокрема розроблено комплекс заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків та забезпечення безпечних умов праці персоналу.

На завершальному етапі проведено техніко-економічне обґрунтування кожного варіанта, розраховано показники економічної ефективності та здійснено їх порівняльний аналіз. Отримані результати дозволяють визначити доцільність впровадження досліджуваних технологій у виробничу практику та можуть бути використані при проектуванні й модернізації деревообробних підприємств.

Мета роботи: Розробити технологічні процеси виготовлення криволінійних заготовок методом гнуття цільної деревини та гнуття з одночасним склеюванням та провести аналіз їх техніко-економічної ефективності. Об'єкт дослідження: Об'єктом дослідження є технологічні процеси виготовлення криволінійних заготовок двома методами. Предмет дослідження: техніко-економічна ефективність розроблених технологічних процесів. Методи та засоби дослідження: Аналіз структури та проектування технологічних процесів, встановлення матеріально-технічних та енергетичних затрат, встановлення економічних показників для порівняння. Практичне значення отриманих результатів: Полягає у можливості використання отриманих результатів при організації випуску деталей криволінійної форми.

Магістерська робота виконана на 73 сторінках, основний текст – 50 сторінок, містить 15 рис., 22 табл., 14 джерел, 3 додатки.

Зміст

Вступ	6
1. Стан питання і методика дослідження.	8
1.1. Класифікація способів виготовлення криволінійних заготовок	8
1.2. Технології виготовлення деталей криволінійної форми	11
1.2.1. Механічна обробка масивної деревини	11
1.2.2. Технологія гнуття масивної деревини	11
1.2.3. Технологія гнуття з одночасним склеюванням	15
1.3. Методика проведення порівняльного аналізу	18
1.3.1. Вибір заготовок	18
1.3.2. Вибір методів отримання криволінійних заготовок	19
1.3.3. Методика виконання порівняльного аналізу	19
1.4. Висновки	20
2. Технологічний розділ	21
2.1. Розрахунок потреби в сировині та матеріалах	21
2.2. Проектування технологічних процесів	23
2.3. Вибір засобів внутрішнього цехового транспорту	30
2.4. Плани цехів і ділянок	30
3. Енергетичне забезпечення виробництва	31
3.1. Розрахунок потреби в електроенергії	31
3.2. Розрахунок споживання пари	31
3.3. Розрахунок витрат води	33
4. Охорона праці	35
4.1. Обґрунтування вибору технологічного процесу та обладнання з позиції безпеки праці, та екології	35
4.2. Обґрунтування вибору основних параметрів системи охорони праці	36
5. Економічний розділ	40
Висновки	48
Використані літературні джерела	50
Додатки	

Вступ

Упродовж усього історичного розвитку людського суспільства формування та виробництво матеріальної культури нерозривно пов'язані з широким використанням деревини в побуті, будівництві, мистецтві та інших сферах діяльності. Ще первісна людина застосовувала деревину для виготовлення предметів повсякденного вжитку, добування вогню та забезпечення мисливської діяльності. Потреба у створенні виробів, необхідних для життєдіяльності людини, зумовила розвиток ремесел і появу ткацьких, гончарних, токарних та інших верстатів.

Із розвитком промисловості деревина набула широкого застосування у зведенні будівель, мостів, суден, літальних апаратів, вагонів та інших конструкцій. Хоча науково-технічний прогрес у сфері створення високоміцних сплавів і синтетичних матеріалів певною мірою зменшив використання деревини як конструкційного матеріалу, вона й надалі залишається конкурентоспроможною. За своїми фізико-механічними характеристиками, зокрема питомою міцністю, деревина перевищує показники окремих металів і сплавів, що сприяє зростанню її застосування у техніці та побуті. На сьогодні з деревини виготовляють близько 20 тисяч найменувань виробів.

Порівняно з іншими матеріалами деревина має низку суттєвих переваг, головною з яких є її здатність до природного відновлення. За умови раціонального використання та відтворення лісових ресурсів їх запаси можуть бути практично невичерпними. Натомість більшість мінеральних ресурсів — нафта, природний газ, вугілля та різні руди — є обмеженими і з часом виснажуються.

Лісопереробна промисловість на сучасному етапі розвитку набула рис масового індустріального виробництва. Деревина використовується для виготовлення пиломатеріалів, які застосовують як у натуральному вигляді, так і для отримання напівфабрикатів (фанери, деревних пластиків тощо) та готових виробів — вікон, дверей, паркету, меблів, музичних інструментів і інших. Крім того, подрібнену деревину застосовують у виробництві паперу, волокнистих і стружкових плит, декоративних паперово-шаруватих пластиків. У результаті хімічної та мікробіологічної переробки деревини отримують широкий спектр продуктів: штучні волокна, кіно- та фотоплівку, лікарські препарати, спирти, косметичні засоби, глюкозу, штучну шкіру, дубильні речовини, гліцерин тощо. Таким чином, із розвитком науково-технічного прогресу значно зросло комплексне використання деревини як сировинного та конструкційного матеріалу.

Сучасні меблеві підприємства характеризуються великою різноманітністю конструктивних рішень, форм і розмірів виробів, високою якістю виконання та оригінальністю дизайну. Для забезпечення цих вимог у конструкціях дедалі частіше застосовують деталі криволінійної форми. Як сировину для їх виготовлення використовують масивну деревину, струганий і луцений шпон, а також подрібнену деревину. Кожен із технологічних методів має свої особливості реалізації та потребує спеціального обладнання, відповідних виробничих площ, енергетичних витрат та інших ресурсів. Водночас узагальнених і однозначних даних щодо ефективності того чи іншого способу отримання криволінійних заготовок наразі не існує.

У зв'язку з цим дана робота присвячена дослідженню ефективності виготовлення деталей криволінійної форми з використанням різних технологічних методів

1. Стан питання і методика дослідження

1.1. Класифікація способів виготовлення криволінійних заготовок

На різних етапах розвитку деревообробної галузі під час виготовлення виробів із деревини широко застосовуються деталі криволінійної форми. Такі елементи виконують не лише конструктивну, а й декоративну функцію, сприяють зниженню матеріаломісткості виробів та зменшенню трудових витрат на їх виготовлення. Водночас застосування криволінійних деталей, як правило, потребує використання спеціальних технологічних підходів, а в окремих випадках — принципово нового обладнання та технологій формоутворення (рис. 1.1).

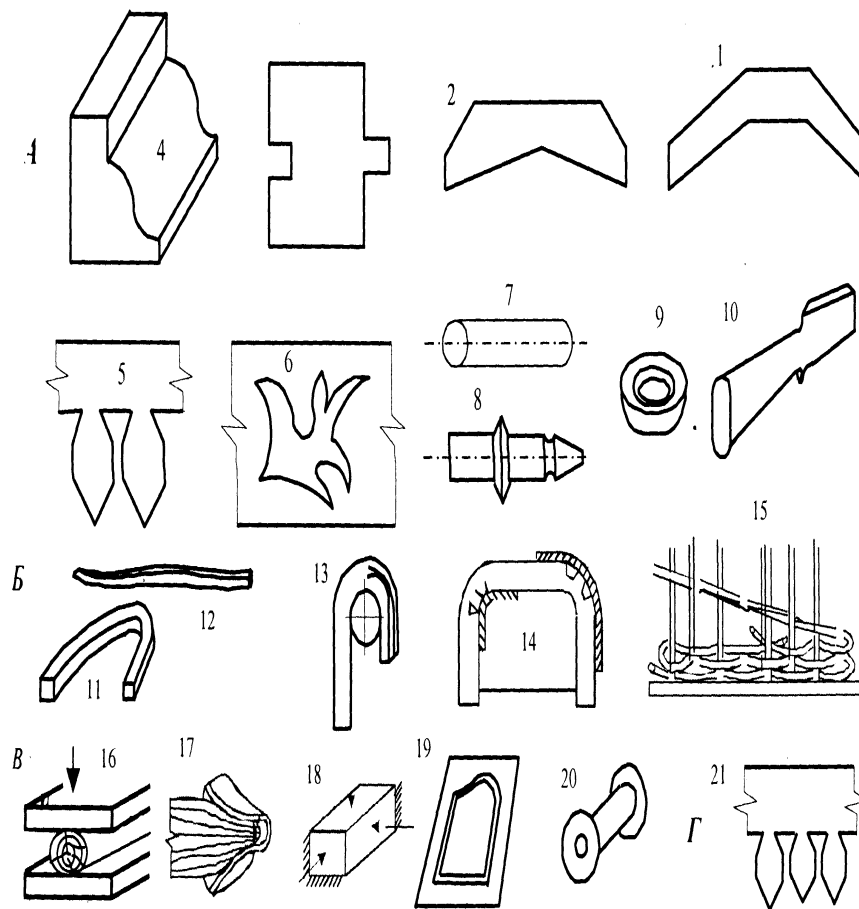


Рис.1.1. Деякі види криволінійних елементів, виготовлених різними методами:
А – різанням: 1 - стрічковими пилами; 2 - круглими пилами ; 3, 4 - фрезеруванням; 5 - смуговими пилами; 6 - пустотілим свердлом (пилкою); 7- на круглопалкових верстаках; 8 - центровим точінням; 9 - лобовим точінням; 10 - копіюванням;

Б – гнуттям: 11- гнуттям масивної деревини; 12 - гнуттям з одночасним склеюванням; 13, 14 - гнучо пропилені; 15 - плетінням;

В – пресуванням: 16 - площинним; 17 - контурним; 18 - об'ємним; 19 - тисненням; 20 - пресуванням дерево-клейової композиції;

Г – випалюванням: 21 - лазером

Сучасні способи виготовлення криволінійних заготовок із деревини та деревних матеріалів узагальнено у вигляді класифікаційної схеми (рис. 1.2), відповідно до

якої їх можна поділити на методи різання, гнуття, пресування та спеціальні фізико-технологічні методи.

Найбільш давнім і поширеним способом отримання криволінійних заготовок є механічне різання. Залежно від типу застосовуваного обладнання, різального інструмента, допоміжних пристосувань та кваліфікації оператора, цим методом можливо виготовляти як прості профільні елементи (шпунти, чверті), так і складні просторові поверхні. Розвиток виробничих потреб зумовив появу широкого спектра спеціалізованого обладнання, зокрема фрезерних, токарних, копіювальних верстатів, лазерних установок, а також багатофункціональних оброблювальних центрів. Разом із тим, різання супроводжується перерізанням волокон деревини, що призводить до утворення торцевих і напівторцевих поверхонь. Це негативно впливає на зовнішній вигляд заготовок та знижує їх міцність. Для компенсації втрат міцнісних характеристик виникає необхідність збільшення поперечного перерізу деталей, що, у свою чергу, спричиняє підвищені витрати деревної сировини.

Іншим важливим способом формування криволінійних заготовок є гнуття. На відміну від різання, у процесі гнуття волокна деревини не перерізаються, що практично усуває появу торцевих і напівторцевих поверхонь. Завдяки цьому після опорядження зберігається високий естетичний рівень виробів, підвищується їх міцність і зменшується витрата матеріалу. Крім того, у багатьох випадках трудомісткість виготовлення одиниці продукції при гнутті є меншою, ніж при механічному обробленні різанням. Особливе місце займає гнуття заготовок невеликого поперечного перерізу навколо каркаса (плетіння), яке є унікальним технологічним процесом і не має повноцінних альтернатив ні за видом використовуваної сировини, ні за характером отриманої продукції.

Порівняно новим напрямом є виготовлення криволінійних заготовок методом пресування. Цей спосіб перебуває на стадії активних наукових досліджень і технологічного вдосконалення. Пресування дає змогу покращувати фізико-механічні властивості деревини, зокрема низькосортних м'яколистяних порід. У результаті силової дії формується рельєфна поверхня, що позитивно впливає на зовнішній вигляд виробів. Крім того, застосування пресування деревно-клейових композицій дозволяє виготовляти окремі деталі, вузли або готові вироби з матеріалів, основою яких є відходи деревообробного виробництва, зокрема тирса та верстатна стружка.

Перспективним напрямом у виготовленні криволінійних заготовок із деревини та деревних матеріалів є використання термічного випалювання за допомогою установок на основі оптичних квантових генераторів — лазерів. У низці європейських країн, зокрема в Чехії та Німеччині, накопичено практичний досвід застосування лазерних технологій у деревообробці, що свідчить про їхній значний потенціал для формоутворення складних криволінійних елементів.

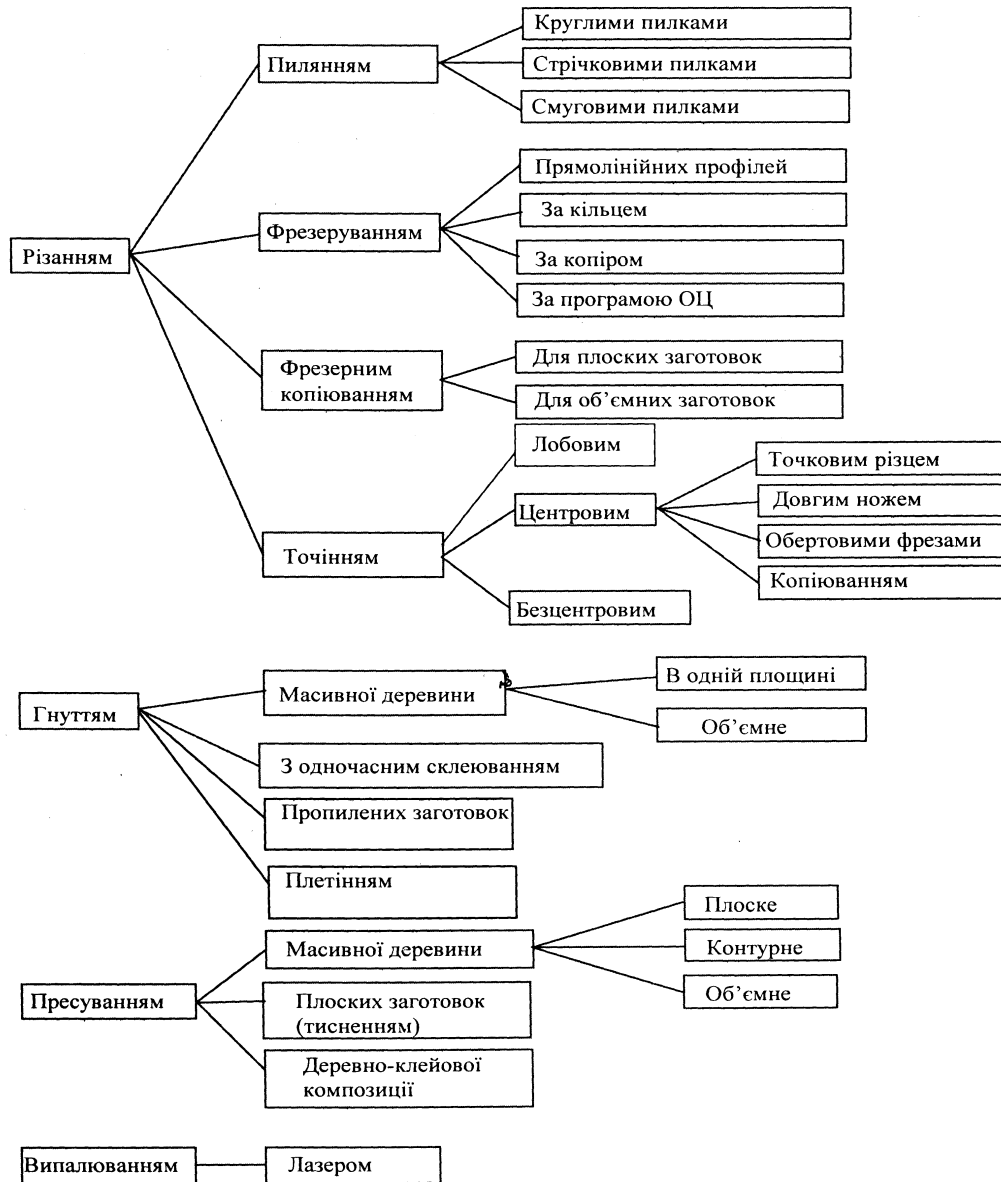


Рис.1.2. Способи виготовлення криволінійних заготовок

Застосування лазерних технологій для розкрою листових і плитних деревних матеріалів забезпечує високу точність оброблення та мінімальні втрати сировини. Процес характеризується відсутністю відходів у вигляді тирси, низьким рівнем шуму та високою якістю крайок. Водночас використання лазерного поділу супроводжується низкою обмежень, зокрема значною енергоємністю процесу, високою вартістю обладнання, складністю оброблення заготовок товщиною понад 50 мм, а також утворенням обвугленого шару на поверхні матеріалу.

1.2. Технології виготовлення деталей криволінійної форми

1.2.1. Механічна обробка масивної деревини

Процес отримання криволінійних заготовок із масивної деревини шляхом механічної обробки складається з послідовності взаємопов'язаних операцій. На початковому етапі здійснюють випилювання прямолінійних заготовок із подальшим формуванням базових поверхонь. Після цього заготовки склеюють у щити та витримують протягом встановленого технологічного часу для стабілізації розмірів і напружень.

Наступними операціями є калібрування склеєного щита, його розмічання та випилювання заготовок криволінійної конфігурації. Завершальними стадіями процесу є первинне механічне оброблення та остаточне формоутворення деталі відповідно до конструктивних вимог виробу.

1.2.2. Технологія гнуття масивної деревини

Виготовлення гнутих заготовок із масивної деревини передбачає іншу послідовність технологічних операцій. Спочатку формують прямолінійну заготовку, після чого її піддають пластифікації з метою підвищення деформативної здатності матеріалу. Підготовлену заготовку згинають до заданої форми, фіксують у відповідному оснащенні та висушують для стабілізації набутої конфігурації.

Після завершення сушіння виконують первинне оброблення заготовки та здійснюють остаточне надання форми готовій деталі.

Заготовки для гнуття можуть бути отримані як розколюванням, так і розпилюванням деревини за умови мінімальної кількості дефектів. Розпилювання колод забезпечує збільшення корисного виходу заготовок у 2,5–3 рази порівняно з розколюванням, хоча за якісними показниками колоті заготовки є більш придатними для гнуття. Найкращі за властивостями заготовки отримують із нижньої частини стовбура — відземку.

Під час вибору схеми розкрою колод доцільно максимально використовувати периферійну зону деревини. З урахуванням особливостей розташування сучків, схеми розкрою для твердолистяних і хвойних порід відрізняються: для твердолистяних порід рекомендовано застосовувати поздовжньо-поперечний розкрій, тоді як для хвойних — поперечно-поздовжній. Поздовжній розкрій необрізних дощок здійснюють за схемою, за якої в відходи відводиться найменш міцна серцевинна частина матеріалу (рис. 1.3).

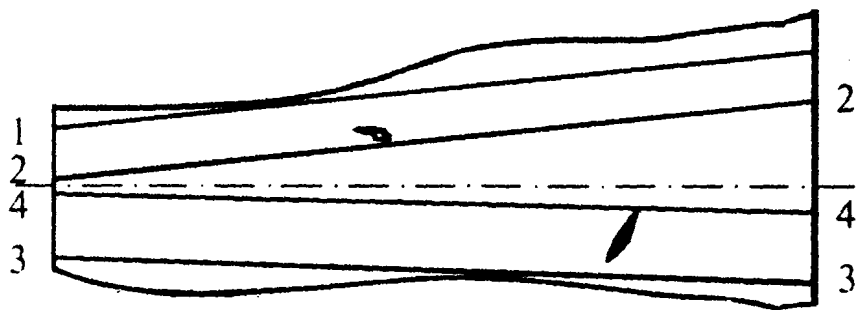


Рис.1.3. Схеми, які рекомендовано для поздовжнього розкрою дошок на заготовки для гнуття: 1, 2, 3, 4 - послідовність пропилів.

Форма поперечного перерізу заготовок перед гнуттям може бути різною і визначається конструкцією майбутньої деталі та вимогами до її експлуатаційних характеристик (рис. 1.4)

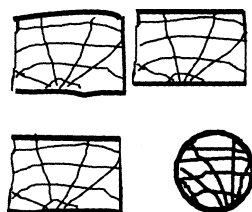


Рис.1.4. Варіанти форм поперечного перетину заготовок перед гнуттям: А - після розкрою; Б - перед гнуттям

Щільний контакт заготовки з шаблоном і шиною перед гнуттям зменшує ймовірність виникнення дефектів, зокрема відколів. Залежно від форми поперечного перерізу заготовки змінюється перелік підготовчих операцій: заготовки прямокутного перерізу додатково фрезерують по поверхнях прилягання, а заготовкам круглого перерізу форму надають на спеціалізованих круглопалкових верстатах.

Пластифікацію заготовок здійснюють різними методами: проварюванням, пропарюванням, СВЧ-нагріванням або хімічним просочуванням. Проварювання є технологічно простим способом, проте для заготовок значних розмірів потребує тривалого часу через обмежену температуру процесу (80–90 °С), може призводити до перезволоження та зміни кольору деревини, що обмежує його застосування у меблевому виробництві.

Найбільш поширеним методом є пропарювання в герметичних камерах, які розміщують поблизу гнутарних верстатів. Кількість і місткість таких камер визначають з урахуванням безперервної роботи обладнання, зазвичай із запасом заготовок приблизно на 0,5 години роботи верстата. Тривалість пропарювання визначають за температурними діаграмами (рис. 1.5.), що дозволяють оцінити прогрів заготовки в часі за заданих початкових умов.

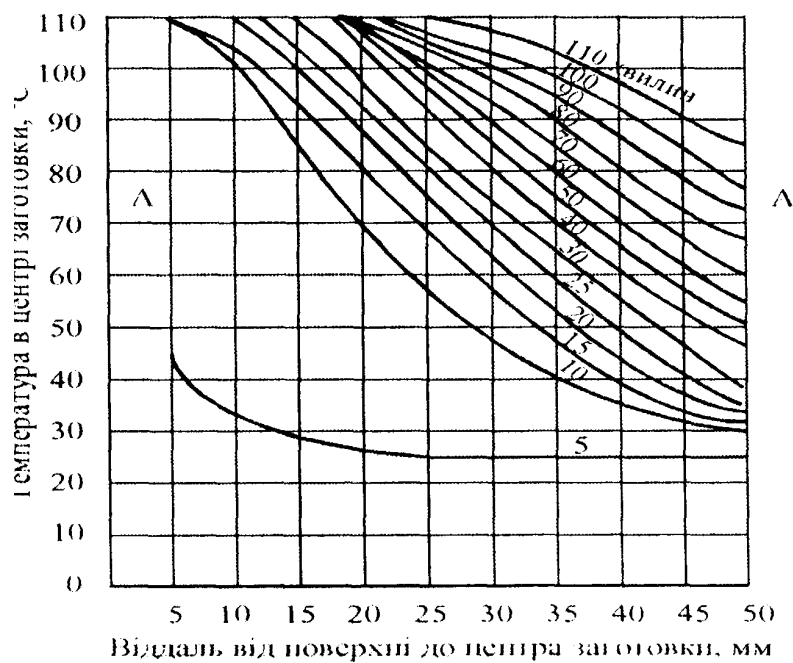


Рис.1.5. Діаграма для визначення тривалості пропарювання перед гнуттям

За зниження вологості деревини нижче 30 % тривалість пропарювання збільшується приблизно на 5 хв на кожен відсоток, що пояснюється зменшенням її теплопровідності. Використання перегрітої пари є недоцільним, оскільки вона погано конденсується та спричиняє підсушування заготовок. Ефективність пропарювання значною мірою залежить від конструкції та розмірів парильної камери, способу укладання заготовок і стабільності подачі пари. Робочий тиск у камері підтримують на мінімальному рівні (0,03–0,05 МПа), достатньому для рівномірного розподілу пари.

Під час укладання заготовок важливо забезпечити інтенсивне обмивання парюю поверхонь, які контактуватимуть із шаблоном і шиною (рис. 1.6.). Для якісного гнуття необхідно також підтримувати підвищені температуру й вологість у гнущому приміщенні; за температури нижче 15 °С виконання операції не рекомендується.

Проварювання та пропарювання є найбільш поширеними методами пластифікації і належать до гідротермічного оброблення деревини. Нагрівання струмами високої частоти суттєво скорочує час пластифікації та забезпечує рівномірний прогрів, однак потребує значних енерговитрат. Хімічна пластифікація зменшує допустимий радіус згину, але вимагає складного обладнання, тривалого часу та має екологічні обмеження.

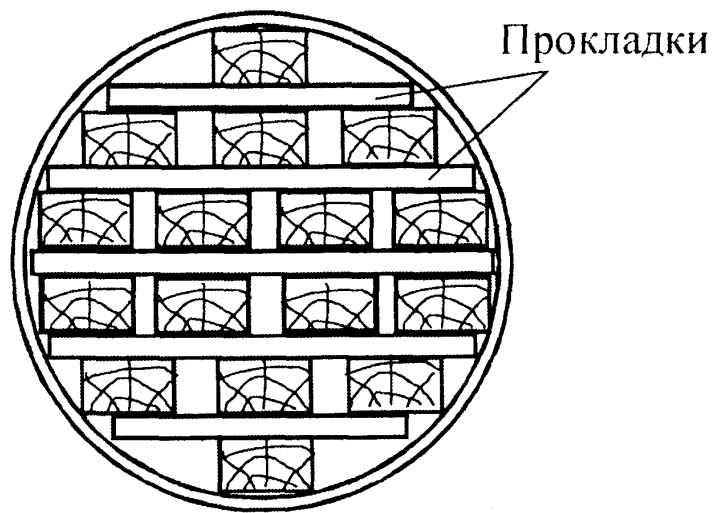


Рис.1.6. Способи укладання заготовок в парильній камері

Однією з найвідповідальніших операцій при гнутті є правильне накладання шини та орієнтація заготовки у верстаті, оскільки розташування дефектів суттєво впливає на якість виробу. Основними режимними параметрами процесу є вологість деревини 25–30 %, температура 70–80 °С та швидкість гнуття, яка коливається від 10°/с при ручному до 50°/с при механізованому способі. Величина упресування становить 5–10 % для твердолистяних порід і 20–30 % для шпилькових та м'яколистяних.

Після гнуття форму заготовки фіксують стяжками та піддають сушінню для стабілізації. У гнударно-сушильних верстатах заготовки підсушують безпосередньо на шаблоні (рис.1.7.) до вологості 12–15 %, після чого здійснюють остаточне досушування в сушильних камерах до 8 ± 2 % (рис. 1.8.).

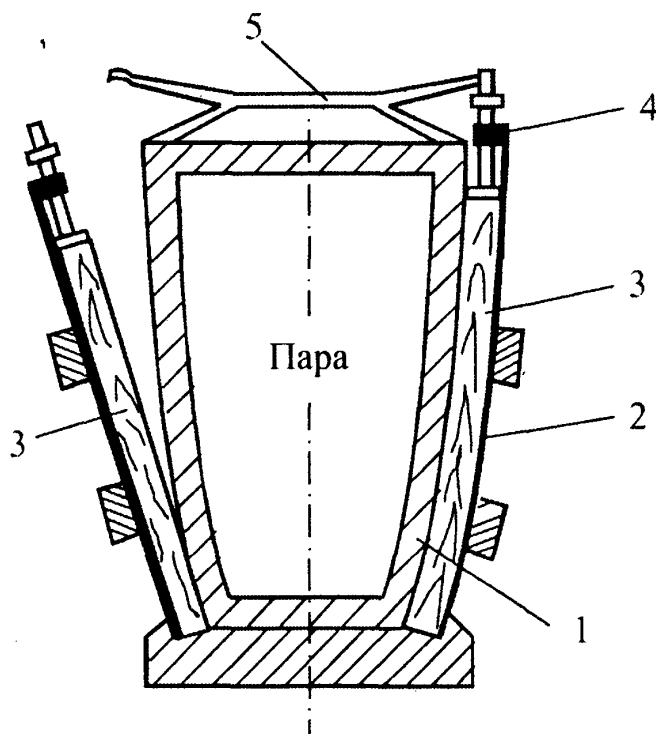


Рис.1.7. Схема гнударно-сушильного верстата: 1 - шаблон; 2 - шина; 3 - заготовка; 4 - торцеві упори шин; 5 - захват для утримання зігнутої заготовки

Принципову схему організації робочого місця біля горизонтального гнутакого верстата для холодного гнуття показано на рис. 1.8.

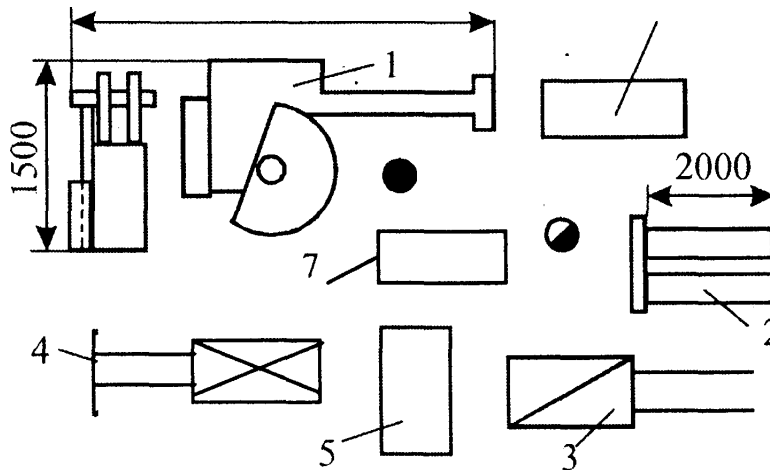


Рис.1.8. Схема організації робочого місця біля горизонтального гнутакого верстата: 1 - гнутакий верстат; 2 - пропарочні котли; 3,4 - заготовки до і після гнуття; 5,6 - місця з запасними шинами та шаблонами; 7 - робочий стіл для накладання шини

1.2.3. Технологія гнуття з одночасним склеюванням

Використання природної здатності деревини до пружного згинання без порушення цілісності волокон за умови співвідношення $H/R < 1/100 \dots 1/80$ дає змогу здійснювати гнуття тонких заготовок за малих радіусів кривизни. Для отримання деталей заданої товщини окремі тонкі шари деревини формують у пакет, який під час гнуття одночасно піддають склеюванню з утворенням монолітного блока.

Технологічний процес виготовлення криволінійних заготовок методом гнуття з одночасним склеюванням включає такі основні операції: підготовку тонких шарів деревини необхідних розмірів, нанесення клейової композиції, формування пакета, гнуття та пресування з одночасним склеюванням у блок, технологічну витримку, первинне механічне оброблення гнутоклеєних блоків та остаточне формоутворення деталей.

Для отримання тонких шарів деревини застосовують різні способи, однак найбільш доцільним є використання лушеного та струганого шпону, що забезпечує мінімальні втрати сировини. Випилювання супроводжується значними втратами на пропили, тому цим способом рекомендується виготовляти заготовки завтовшки не менше 5 мм. Вологість тонких шарів перед склеюванням повинна становити 6...8 %.

Суттєвою перевагою даної технології є можливість використання у внутрішніх шарах низькосортних або малоцінних порід деревини, а також заготовок із допустимими дефектами, що значно знижує загальні витрати матеріалу порівняно з гнуттям

масивної деревини. Орієнтація волокон у суміжних шарах, як правило, збігається з поздовжньою віссю заготовки, однак у разі необхідності підвищення жорсткості блока допускається їх розміщення під кутом. Кількість шарів визначають залежно від заданої товщини деталі, товщини окремих шарів та величини упресування.

Технологічні втрати сухого лушеного шпону при гнутті в еластичних пресформах становлять близько 4 %, а в жорстких — 5...11 %. Для підвищення якості поверхні гнуклеєних блоків зовнішні шари часто виконують зі струганого шпону або його синтетичних аналогів, причому в окремих випадках їх попередньо шліфують ще до нанесення клею.

Витрати клею суттєво впливають як на міцність клейового з'єднання, так і на собівартість виробів; у структурі витрат вони становлять приблизно 20...25 %. Оптимальна кількість клею визначається анатомічною будовою деревини, кількістю шарів, в'язкістю клейової композиції, питомим тиском, температурою пресування та шорсткістю поверхонь і має забезпечувати товщину клейового шару в межах 0,05...0,2 мм. Клей наносять або на всі склеювані поверхні, або лише на парні листи з обох сторін.

Формування пакета потребує високої точності, оскільки нерівномірне укладання листів шпону може спричинити підвищену формозмінність гнуклеєного блока, зокрема появу криловатості, яка практично не усувається під час подальшої обробки. У промисловій практиці найбільшого поширення набули гнуклеєні елементи з одно- та багатоплощинним згином, що можуть мати як замкнені, так і незамкнені профілі.

Виготовлення гнуклеєних блоків доцільно організовувати на підприємствах фанерного виробництва, що дозволяє ефективно використовувати малоформатний шпон, а також наявне пресове й клейоносноне обладнання. Формування блоків здійснюють у пресах із застосуванням жорстких або еластичних пресформ. Жорсткі пресформи можуть бути суцільними або розчленованими (матриця та пуансон).

Для інтенсифікації процесу склеювання пакети шпону в пресформах нагрівають до температури 110...150 °С. Обов'язковою умовою отримання якісних гнуклеєних блоків є забезпечення не лише необхідного, а й рівномірного питомого тиску по всій площі пакета. У жорстких суцільних пресформах відхилення фактичної товщини пакета від розрахункової призводить до нерівномірного упресування, що зумовлює різну міцність і щільність блока в окремих його зонах

Ефективне склеювання під час виготовлення гнутоклеєних блоків забезпечується за питомого тиску в межах 1,5...2,0 МПа за умови його рівномірного та стабільного розподілу по всій поверхні блока. Тривалість витримування пакета в запресованому стані визначається температурою пресування, товщиною пакета, типом клейової композиції та іншими технологічними чинниками. При цьому надмірна тривалість пресування є небажаною, оскільки може призвести до деструкції клею та істотного зниження міцності з'єднання.

Питома витрата клею повинна бути мінімальною, але достатньою для запобігання утворенню так званого «голодного» шва, і зазвичай становить 100...140 г/м² за в'язкості 60...240 с за віскозиметром ВЗ-4. Товщина шпону, що використовується для формування пакета, впливає як на загальні витрати клею, так і на мінімально допустимий радіус згину заготовки. Оптимальною вважається товщина шпону 1,15...2,0 мм, причому для зовнішніх шарів пакета доцільно застосовувати тонші листи, що сприяє зменшенню формозмінності гнутоклеєних блоків.

Після склеювання гнутоклеєні блоки піддають технологічній витримці з метою стабілізації форми. Основним видом формозміни є відхилення кута згину від заданого пресформою: на початковому етапі спостерігається часткове розгинання, після чого блок поступово повертається до номінального значення або набуває меншого кута. Повна стабілізація форми настає, як правило, через 20...24 доби, що необхідно враховувати перед складанням гнутоклеєних заготовок у готові вироби.

Після завершення процесів склеювання та витримки у блоках кратної ширини формують базові поверхні, виконують торцювання та розкрій на заготовки, які надалі передаються на подальше механічне оброблення.

Технологія гнуття пропиленних заготовок, а також технологія пресування подрібненої деревно-клейової композиції (ДКК) у межах даної роботи не розглядаються відповідно до поставленого завдання.

1.3. Методика проведення порівняльного аналізу

1.3.1. Обґрунтування вибору заготовки

Метою розроблення технологічного процесу є отримання чистових заготовок криволінійної форми, придатних для подальшого використання у меблевому виробництві. Геометричні параметри заготовки мають визначальний вплив на структуру технологічного процесу, склад і послідовність операцій, способи оброблення, а також на загальну ефективність виробництва.

Для проведення дослідження обрано заготовку дугоподібної форми з прямокутним поперечним перерізом у вигляді півкола з внутрішнім радіусом 200 мм. Загальний вигляд чистової заготовки наведено на рис. 1.9. Основні розміри заготовки становлять: довжина — 688 мм, ширина — 33 мм, товщина — 19 мм. Така форма та габарити відповідають деталям меблевих конструкцій, зокрема царгам, підлокітникам або елементам сидіння стільців.

Зміна радіуса кривизни істотно впливає на довжину заготовки, що підтверджується даними, наведеними в табл. 1.1. Зі збільшенням радіуса спостерігається різке зростання довжини елемента, що необхідно враховувати під час проектування технологічного процесу та оцінювання витрат матеріалів.

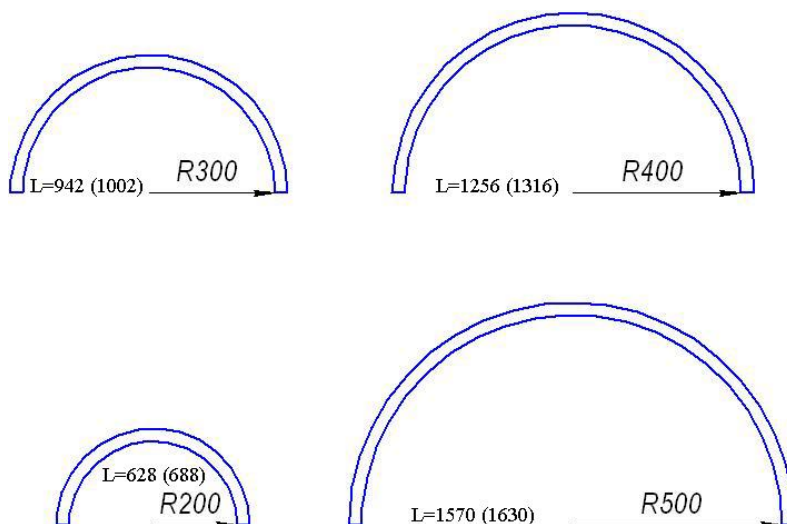


Рис. 1.9. Загальний вигляд чистової заготовки

Таблиця 1.1.

Залежність довжини заготовки від радіуса кривизни

Радіус заготовки, мм	50	100	200	300	400	500
Довжина заготовки, мм	214	374	688	942	1256	1570

1.3.2. Вибір методів отримання криволінійних заготовок

З метою проведення порівняльного аналізу в роботі розглянуто два технологічні підходи до виготовлення криволінійних заготовок, які найбільш поширені у меблевій промисловості та відрізняються за технологічною складністю, матеріаломісткістю та економічними показниками:

Варіант I - Гнуття масивної деревини

Варіант II - Гнуття з одночасним склеюванням

Обрані методи дозволяють комплексно оцінити вплив різних технологічних рішень на собівартість, якість та виробничу доцільність виготовлення заготовок криволінійної форми тим, чи іншим способом.

1.3.3. Методика виконання порівняльного аналізу

Порівняльний аналіз ефективності вибраних методів здійснюється на основі зіставлення ключових характеристик технологічних процесів, які комплексно відображають їх виробничу та економічну доцільність. Узагальнювальним показником ефективності прийнято собівартість виготовлення одиниці продукції.

Для визначення цього показника в роботі передбачено виконання таких етапів:

- розрахунок потреби в сировині та допоміжних матеріалах;
- розроблення технологічних процесів для кожного варіанта;
- визначення складу технологічного обладнання та робочих місць;
- обґрунтування оптимальної виробничої програми;
- розрахунок чисельності та кваліфікаційного складу персоналу;
- визначення площ та об'ємів виробничих приміщень;
- розрахунок потреби в енергоносіях (електроенергія, пара, вода);
- оцінювання витрат на охорону праці, техніку безпеки та заходи з охорони

навколишнього середовища.

Результати відповідних розрахунків наведено в наступних розділах магістерської роботи.

1.4. Висновки

1. У сучасних меблевих та інших виробках з деревини широко застосовуються деталі криволінійної форми.
2. Існує значна кількість технологічних способів виготовлення таких деталей.
3. Кожен із способів характеризується специфічними особливостями, зокрема:
 - видом та якістю сировини;
 - витратами матеріалів на одиницю продукції;
 - рівнем технологічної складності, типом обладнання та інструменту;
 - виробничими площами та наявністю допоміжних підрозділів;
 - чисельністю та кваліфікацією персоналу;
 - обсягами енергоспоживання.
4. Спільною рисою всіх способів є необхідність операцій формування заготовок у готові деталі.
5. Внаслідок цього кожен метод має різну виробничу та економічну ефективність.
6. У науково-технічній літературі відсутні однозначні дані щодо переваг того чи іншого способу виготовлення криволінійних заготовок, що обґрунтовує доцільність проведення даного дослідження.

2. Технологічний розділ

2.1. Розрахунок потреби в сировині та матеріалах

2.1.1. Визначення норм витрат деревинних матеріалів

Розрахунок потреби в деревинних матеріалах здійснюється відповідно до встановленої методики з використанням розрахункової форми 1, результати якої наведено в таблиці 2.1. (Додаток 1.1).

Для варіанта виготовлення гнотоклеєних заготовок визначення кількості сухого лущеного шпону виконується за формою 3. Відповідні розрахункові дані подано в таблиці 2.2. (Додаток 1.2).

2.1.2. Формування балансу деревинних матеріалів і відходів

Баланс деревинних матеріалів і виробничих відходів складається на 1000 одиниць продукції за формою 4 (таблиця 2.3. (Додаток 1.3)) на основі результатів розрахунків, отриманих за формами 1 та 3.

Основною метою складання балансу є визначення кількості та номенклатури відходів, що утворюються на окремих етапах технологічного процесу, для кожного виду деревинних матеріалів, а також у цілому на одиницю готової продукції.

2.1.3. Розрахунок витрат клеєвих матеріалів

Визначення витрат клеєвих матеріалів здійснюється у два послідовні етапи. На першому етапі, за формою 5 (таблиця 2.4. (Додаток 1.4).), розраховується загальна площа поверхонь виробу, на які наноситься клей.

На другому етапі, з використанням форми 6 (таблиця 2.5. (Додаток 1.5).), виконується безпосередній розрахунок кількості клею, необхідної для виготовлення одного виробу.

2.1.4. Зведена відомість сировини та матеріалів на виріб

Узагальнені дані щодо потреби в сировині та матеріалах на один виріб наведено у зведеній відомості, складеній за формою 17 (таблиця 2.6).

Розрахункова програма виробництва для кожного з досліджуваних варіантів попередньо прийнята на рівні **100 000 заготовок**.

Форма 17. Зведена відомість норм витрат сировини і матеріалів на виготовлення заготовок. Програма виробництва 100, тис. шт.

N п/п	Найменування матеріалів	Одиниця виміру	Норма витрат матеріалів на виріб	Витрата матеріалів на програму 100000 шт	Витрата матеріалів на оптимальну програму
1	2	3	4	5	6
Варіант I (гнуття масивної деревини)					180000 шт
1.	Пиломатеріали твл. п товщиною 25 мм	м ³	0,00128	128	230,4
Варіант II (гнуття з одночасним склеюванням)					270000 шт
1.	Шпон струганий твл. п	м ²	0,104	10400	18720
2.	Шпон лущений	м ³	0,00090	90	162
3.	КФ-БЖ	кг	0,046	4600	8280
4.	Клеєва нитка	кг	0,00012	12	21,6

2.2. Проектування технологічних процесів

2.2.1. Розроблення карт технологічних процесів

Для кожного з розглянутих варіантів виготовлення криволінійних заготовок розроблено окрему карту технологічного процесу. Вибір технологічного обладнання здійснювався на підставі даних спеціалізованих довідкових джерел з меблевого виробництва, а нормативи часу на виконання операцій приймалися відповідно до збірників єдиних норм часу.

Розроблені карти технологічного процесу для кожного варіанта наведені в таблицях 2.7.1–2.7.2.

2.2.2. Визначення кількості виробничого обладнання

Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання та робочих місць для виконання річної виробничої програми здійснювався на основі операційних норм часу, наведених у відповідних графах карт технологічного процесу.

Методика розрахунку відповідає чинним методичним рекомендаціям з проектування деревообробних підприємств. Результати визначення кількості обладнання подано в таблицях 2.8.1–2.8.2. (Додаток 2.1-2.2)

2.2.3. Аналіз рівня завантаження обладнання

Аналіз завантаження технологічного обладнання проведено з метою забезпечення його максимально ефективного використання.

Для першого варіанта виробництва основним технологічним обладнанням є гнутакий верстат. Згідно з результатами розрахунків, для досягнення його повного завантаження річну програму випуску необхідно збільшити до 180 тис. виробів.

У другому варіанті ключовим елементом технологічної лінії є прес для склеювання гнутаких елементів. Його повне завантаження забезпечується за умови збільшення річної програми до 270 тис. виробів.

Узагальнені результати аналізу наведені в таблицях 2.9.1–2.9.2. (Додаток 2.3-2.4). На їх основі визначено мінімально необхідну чисельність виробничого персоналу, що представлено в таблиці 2.10.

Відомості виробничого устаткування для оптимального завантаження основного обладнання представлені в таблицях 2.11.1...2.11.2.

Таблиця 2.7.1.

Карта технологічного процесу

Варіант I (гнуття масивної деревини)

№	Назва та зміст операції	Поз.	Розміри після оброблення			Обладнання	Кількість	Розряд	Норма часу, с	
			Д	Ш	Т				На деталь	На виріб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Розкроїти пиломатеріали поперек волокон		723	Р.Ш	25	Круглопилковий поперечний	2	3-4	10,84	10,84
2	Розкроїти відрізки вздовж		723	39	25	Круглопилковий поздовжній	2	2-3	3,42	3,42
3	Пропарити заготовки		723	39	25	Автоклав 100шт-4год	2	3	74,03	74,03
4	Гнути заготовки		723	39	25	В-т гнутарний (4шт)	1	3	35,7	35,7
5	Висушити заготовки		723	39	25	Сушильна камера	1	4	5,8	5,8
6	Стругати пласть		723	36	25	Фугувальний в-т	1	3	8,60	8,60
7	Калібрувати заготовки		723	33	25	Рейсмусний в-т	2	2-3	2,88	2,88
8	Стругати пласті		723	33	19	Фрезерний в-т	1	2-3	41,6	41,6
9	Торцювати заготовки		688	33	19	Круглопилковий з кареткою	1	2-3	18,79	18,79

$$\text{Гнуття. Пзм} = \frac{480 \times 0,9 \times 0,7 \times 4}{1,5} = 806, \text{ шт./зм.}$$

$$\text{Автоклав. Пзм} = \frac{480 \times 0,9 \times 0,9 \times 50}{20+5} = 778, \text{ шт./зм.}$$

$$\text{тн. ч} = \frac{480 \times 60}{806} = 35,7, \text{ с.}$$

$$\text{тн. ч} = \frac{480 \times 60}{778} = 37,02, \text{ с.}$$

Таблиця 2.7.2.

Карта технологічного процесу

Варіант II (гнуття з одночасним склеюванням)

№	Назва та зміст операції	Поз.	Розміри після оброблення			Обладнання	К-сть	Розряд	Норма часу	
			Д	Ш	Т				На дет.	На виріб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Розмітити шпон струг, луц.		1525	1525	1,6	Робоче місце	1 1	5 2	0,61 0,69	0,61 0,69
2	Розкроїти шпон: струганий, лущений		713	381/10	1,6	Ножиці гільйотинні	2 1	3-4 3	0,98 6,82	0,98 6,82
3	Ребро склеїти шпон струг.		713	381/10	0,8	Ребросклеювальний в-т	1	4	6,37	6,37
4	Закріпити торці струг.		713	381/10	0,8	Ребросклеювальний в-т	1	4	4,31	4,31
5	Нанести клей		713	381/10	1,6	Клеєві валки	1	3	2,45	2,45
6	Сформувати пакет		713	381/10	20,8	Робоче місце	1	3	9,39	9,39
7	Клеїти блоки		713	381/10	19	Прес П479	1	5	5,31	5,31
8	Технологічна витримка		713	381/10	19	Підступне місце				
9	Розмітити і опиляти блок		700	381/10	19	Стрічкопилковий в-т	1	3	15,83	15,83
10	Розкроїти блок на заготовки		700	36	19	Фрезерний в-т	1	4	11,63	11,63
11	Стругати пластъ		700	36	19	Фугувальний в-т	1	3	8,60	8,60
12	Калібрувати блок		700	33	19	Рейсмусний в-т	2	2-3	2,88	2,88
13	Торцювати		688	33	19	Круглопилковий в-т	1	2-3	18,79	18,79

$$ПЗМ = \frac{480 \times 0,9 \times 0,9 \times 4 \times 10}{10+3} = 1196, \text{ шт./зм.}, \quad \text{тн. ч} = \frac{480 \times 60}{1196} = 24,08, \text{ с.}$$

Таблиця 2.10.

Розрахунок кількості робітників

Варіант технологічного процесу	Кількість робочих місць, шт	Кількість робітників, чол
I	10	7
II	11	6

Склад і кількість виробничого устаткування для умов оптимального завантаження основних агрегатів наведені в таблицях 2.11.1–2.11.2.

Таблиця 2.11.1.

Зведена відомість виробничого устаткування

Варіант I (гнуття масивної деревини)

N п/п	Назва обладнання	Кількість	Потужність електродвигунів, кВт		Вага, тон	
			оди-ниці	всього	оди-ниці	всьо-го
1	2	3	4	5	6	7
1	Круглопилковий поперечний	1	5,4	5,4	0,6	0,6
2	Круглопилковий поздовжній	1	17,4	17,4	2	2
3	Автоклав 100шт-4год	1	3	3	0,8	0,8
4	В-т гнутарний (4шт)	1	5	5	1,5	1,5
5	Сушильна камера	1	12	12	5	5
6	Фугувальний в-т	1	5,5	5,5	0,96	0,96
7	Рейсмусний в-т	1	12,5	12,5	2,1	2,1
8	Фрезерний в-т	2	4,1	8,2	0,79	1,58
9	Круглопилковий з кареткою	1	4	4	0,73	0,73
	Всього:			73,0		

Зведена відомість виробничого устаткування
Варіант II (гнуття з одночасним склеюванням)

N п/п	Назва обладнання	Кіль- кість	Потужність електродвигу- нів,кВт		Вага, тон	
			оди- ниці	всього	оди- ниці	всьо- го
1	2	3	4	5	6	7
1	Робоче місце розмітки шпону	1	-	-	0,15	0,15
2	Гільйотинні ножиці	1	5,5	5,5	4,3	4,3
3	Ребросклеювальний в-т	1	1,32	1,32	0,59	0,59
4	Клеєві валки	1	2,1	2,1	1,44	1,44
5	Робоче місце формування пакетів	1	-	-	0,15	0,15
6	Прес П479 (40 шт – 4 поверхи)	1	16,8	16,8	25	25
7	Стрічкопилковий в-т	1	5,5	5,5	0,96	0,96
8	Фрезерний в-т	1	4,1	4,1	0,79	0,79
9	Фугувальний в-т	1	5,5	5,5	0,96	0,96
10	Рейсмусний в-т	1	12,5	12,5	2,1	2,1
11	Круглопилковий в-т	1	4	4	0,73	0,73
	Всього:			57,32		

2.2.4. Розрахунок виробничих площ

Розрахунок площ виробничого приміщення здійснювався відповідно до методичних вказівок з проектування деревообробних цехів. Площі, зайняті технологічним обладнанням і робочими місцями, визначені з урахуванням нормативних проходів та зон обслуговування.

Результати розрахунків наведені в таблицях 2.12.1–2.12.2.

Таблиця 2.12.1.

Розрахунок площі, зайнятої обладнанням та робочими місцями
Варіант I (гнуття масивної деревини)

N п/п	Назва обладнання і робочих місць	Кількість, шт	Норматив площі, м ²	
			На оди- ницю	Всього
1	2	3	4	5
1	Круглопилковий попереч- ний	1	45,3	45,3
2	Круглопилковий поздовж- ний	1	17,4	17,4
3	Автоклав 100шт-4год	1	10	10
4	В-т гнударний (4шт)	1	10	10
5	Сушильна камера	1	30	30
6	Фугувальний в-т	1	12,3	12,3
7	Рейсмусний в-т	1	13,2	13,2
8	Фрезерний в-т	2	10,2	20,4
9	Круглопилковий з кареткою	1	11,1	11,1
				F _в =169,7 м ²

$$1) \text{ Вхідний склад пиломатеріалів } F_c = \frac{0,115 \times 8}{1,5 \times 0,35 \times 0,4} = 4,39, \text{ м}^2$$

$$P_{\text{год}} = \frac{180000 \times 0,00128}{250 \times 8} = 0,115 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$F_{\text{вир}} = \frac{169,7}{0,6} + 4,39 = 287,2, \text{ м}^2$$

$$L = 287,2 / 12 = 23,9 \text{ м.}$$

$$L_{\text{пр}} = 24 \text{ м.}$$

$$S_{\text{д}} = 72 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{ц}} = 12 \times 24 + 72 = 360 \text{ м}^2.$$

Таблиця 2.12.2.

Розрахунок площі, зайнятої обладнанням та робочими місцями
Варіант II (ГНУТТЯ з одночасним склеюванням)

N п/п	Назва обладнання і робочих місць	Кількість, шт	Норматив площі, м ²	
			На одиницю	Всього
1	2	3	4	5
1	Р.М. розмітки шпону	1	10	10
2	Гільотинні ножиці	1	18,2	18,2
3	Ребросклеювальний в-т	1	14,1	14,1
4	Клеєві вальці	1	12,5	12,5
5	Р.М. фармування пакетів	1	10	10
6	Прес П479 (40 шт – 4 поверхи)	1	10	10
7	Стрічковий в-т	1	9,7	9,7
8	Фрезерний в-т	1	10,2	10,2
9	Фугувальний в-т	1	12,3	12,3
10	Рейсмусний в-т	1	13,2	13,2
11	Круглопилковий в-т	1	11,1	11,1
				F _В =131,3 м ²

$$1) \text{ Вхідний склад шпону } F_c = \frac{0,133 \times 8}{0,7 \times 0,7 \times 0,5} = 4,34, \text{ м}^2$$

$$P_{\text{год}} = \frac{270000 \times (0,00090 + 0,000083)}{250 \times 8} = 0,133 \text{ м}^3/\text{год}$$

2) Склад перед склеюванням:

$$F_c = \frac{0,095 \times 4}{0,7 \times 0,7 \times 0,5} = 1,55, \text{ м}^2$$

$$P_{\text{год}} = \frac{270000 \times (0,00046 + 0,00066)}{250 \times 8} = 0,095 \text{ м}^3/\text{год}$$

3) Місце технологічної витримки:

$$F_c = \frac{0,095 \times 4}{0,7 \times 0,6 \times 0,5} = 0,9, \text{ м}^2$$

$$P_{\text{год}} = \frac{270000 \times (0,000046 + 0,00066)}{250 \times 8} = 0,095 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$F_{\text{вир}} = \frac{131,3}{0,6} + 4,34 + 1,55 + 0,9 = 225,6, \text{ м}^2$$

$$L = 225,6 / 12 = 18,8 \text{ м.}$$

$$L_{\text{пр}} = 24 \text{ м.}$$

$$S_{\text{д}} = 72 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{ц}} = 12 \times 24 + 72 = 360 \text{ м}^2.$$

2.3. Вибір засобів внутрішньо цехового транспорту

З метою механізації та прискорення виконання технологічних операцій у виробничих приміщеннях передбачено застосування непривідних рольгангів, які забезпечують транспортування заготовок між окремими операціями та розділення технологічних потоків.

Крім того, для переміщення деталей у межах цеху використовуються транспортні візки з підйомною платформою, що забезпечує безперервність технологічного процесу та зменшення фізичного навантаження на працівників.

2.4. Плани цехів і дільниць

Плани виробничих цехів і дільниць з розміщенням основного, допоміжного та транспортного обладнання виконані у масштабі на форматі А4. Графічні матеріали включені до пояснювальної записки у вигляді додатків (Додаток 2.5-2.6).

3. Енергетичне забезпечення виробництва

3.1. Розрахунок потреби в електроенергії

3.1.1. Визначення витрат електроенергії на освітлення

Розрахунок витрат електричної енергії на освітлення виробничих та допоміжних приміщень здійснюється відповідно до чинної методики розрахунку освітлювальних установок. Результати визначення потреби в електроенергії на освітлення наведені в таблицях 3.1.1–3.1.2. (Додаток 3.1-3.2).

3.1.2. Розрахунок потреби в силовій електроенергії

Потреба в силовій електроенергії для забезпечення роботи технологічного обладнання виробничих і допоміжних цехів визначається згідно з установленою методикою. Розрахункові дані щодо споживання силової електроенергії наведені в таблицях 3.2.1–3.2.2. (Додаток 3.3-3.4).

3.1.3. Загальна потреба в електроенергії

Сумарну потребу підприємства в електроенергії визначено на основі результатів розрахунків освітлювального та силового електроспоживання. Узагальнені дані щодо загального споживання електроенергії наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Загальна потреба в електроенергії

Варіант технологічного процесу	Силова електроенергія	Електроенергія на освітлення	Всього
1	2	3	4
I	52215,6	6914,4	59130,0
II	67619,8	6914,4	74534,2

3.2. Розрахунок споживання пари

У процесі виготовлення виробів з деревини водяна пара використовується для забезпечення технологічних процесів, а також для потреб опалення, вентиляції та побутового обслуговування персоналу.

3.2.1. Визначення витрат пари на технологічні потреби

Для **варіанта I** використання пари передбачене для таких операцій:

- пропарювання заготовок у пропарювальних камерах (автоклавах);
- сушіння заготовок після операції гнуття в сушильних камерах.

Для **варіанта II** пара використовується під час:

- пресування гнукотклеєних заготовок у пресовому обладнанні.

Результати розрахунку витрат пари на технологічні потреби зведено в **таблицю 3.4.** (Додаток 3.5).

3.2.2. Розрахунок витрати пари на опалення та вентиляція

Розрахунок приведено в додатку 3.6

3.2.3. Розрахунок витрати пари на побутові потреби

Витрата пари на побутові потреби враховується, якщо нагрівання води на душові та умивальники здійснюється шляхом змішування її з паром. При цьому витрата пари приймається в кількості 2,5...3,0 кг в зміну на одного робітника. Розрахунок зводимо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

Розрахунок витрати пари на побутові потреби

Варіант технологічного процесу	Кількість робітників	Кількість змін	Норма витрати пари, кг/зм	Витрата пари в рік, т/рік
I	7	250	3	5,3
II	6	250	3	4,5

3.2.4. Розрахунок загальної витрати пари

Річна витрата пари на всі потреби визначається шляхом додавання даних по споживачах і приведена в табл. 3.6.

Таблиця 3.6.

Розрахунок річної витрати пари

№ п/п	Види споживання	Річна витрата пари, т/рік	
		I	II
1	Технологічні потреби	631,2	300,8
2	Опалення і вентиляція	122,0	124,6
3	Побутові потреби	5,3	4,5
	Всього:	758,5	429,9

3.3. Розрахунок витрат води

Водоспоживання підприємства поділяється на три основні складові: технологічні, господарсько-побутові та протипожежні потреби.

3.3.1. Витрати води на технологічні потреби

До технологічних споживачів води в досліджуваних цехах належать класні валки, які підлягають обов'язковому миттю після кожної зміни. Розрахунок витрат води на ці потреби виконано на підставі кількості та режиму роботи обладнання. Отримані результати наведено в **таблиці 3.7.** (Додаток 3.7)

3.3.2. Витрати води на господарсько-побутові потреби

Споживання води на господарсько-побутові потреби визначається відповідно до чинних будівельних норм і правил з урахуванням чисельності працюючих у цеху. Прийнято такі норми водоспоживання:

- для працівників гарячих цехів – 35 л на одну особу за зміну, для інших цехів – 25 л;
- для душових установок – 40 л на зміну на кожного працівника, який користується душем.

Результати розрахунку наведено в **таблиці 3.8.** (Додаток 3.8)

3.3.3. Витрати води на протипожежні потреби

Річні витрати води на протипожежні потреби визначаються за формулою:

$$Q_{\text{п}} = 52(600 \times n_{\text{з}} + 300 \times n_{\text{в}}) 5 \times 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{рік}$$

де: $n_{\text{з}}$ та $n_{\text{в}}$ – кількість відповідно зовнішніх і внутрішніх пожежних гідрантів;

52 – кількість тижнів у році;

600 і 300 – витрата води одним гідрантом, л/хв;

5 – тривалість перевірки гідрантів, хв.

Для обох варіантів технологічного процесу прийнято по два зовнішніх і два внутрішніх гідранти. Відповідно річна потреба у воді на протипожежні потреби становить:

$$Q_{\text{п}} = 52(600 \times 2 + 300 \times 2) 5 \times 10^{-3} = 468 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Під час випробувань пожежних гідрантів основна частина води повертається до резервуарів, а фактичні втрати складають близько 5%, що відповідає приблизно 23 м³ на рік.

Загальна річна потреба у воді

Сумарне річне водоспоживання визначається за залежністю:

$$Q_p = Q_T + Q_{гп} + Q_{п}, \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Результати розрахунку загальних витрат води для обох варіантів технологічного процесу:

Для варіанта I: $Q_{pI} = 113,8 + 23 = 136,8 \text{ м}^3/\text{рік}.$

Для варіанта II: $Q_{pII} = 9,9 + 97,5 + 23 = 130,4 \text{ м}^3/\text{рік}.$

Отримані результати свідчать про незначну різницю у загальному водоспоживанні між досліджуваними варіантами технологічного процесу.

4. Охорона праці

4.1. Обґрунтування вибору технологічного процесу та обладнання з позицій безпеки праці й екологічної доцільності

Запроєктований у магістерській роботі технологічний процес характеризується високим рівнем механізації, що дає змогу істотно зменшити частку важкої ручної праці та знизити вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників. Обране технологічне обладнання відповідає вимогам безпеки праці, ергономіки та екологічності, а також забезпечує стабільність і керуваність виробничих процесів.

У виробничих приміщеннях передбачено встановлення приточно-витяжної вентиляції та теплових повітряних завіс, що забезпечує підтримання нормативних параметрів мікроклімату. Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, респіраторами для роботи в зонах утворення деревного пилу, а також засобами захисту від шуму та вібрації.

З метою зменшення запиленості повітряного середовища всі основні верстати оснащені місцевими відсмоктувальними пристроями, які забезпечують ефективне видалення деревного пилу безпосередньо в зоні його утворення. Технологічне обладнання має захисні огороження, блокувальні механізми та системи заземлення, що мінімізує ризик травматизму та ураження електричним струмом. Для забезпечення пожежної безпеки у цеху передбачено пожежні щити та первинні засоби пожежогасіння.

Проєктом також заплановано облаштування санітарно-побутових приміщень відповідно до нормативних вимог. Незважаючи на наявність окремих ручних операцій, їх обсяг є незначним і не пов'язаний із підвищеною фізичною напруженістю. Транспортування сировини, напівфабрикатів і готових заготовок організовано з використанням механізованих засобів, що додатково підвищує рівень безпеки праці.

Відповідно до вимог виробничої санітарії у цеху передбачено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення нормативних показників запиленості, загазованості, освітленості, температури, вологості повітря, рівнів шуму та вібрації. До основних заходів з охорони праці належать:

- застосування технологічного обладнання із захисними огороженнями;
- надійне заземлення всіх електричних установок і машин;
- використання місцевих систем аспірації та пневмотранспорту для видалення відходів;
- застосування спеціальних пристроїв і пристосувань при роботі на верстатах з ручною подачею;
- організація ефективної загальнообмінної вентиляції та системи опалення.

Усі рішення з охорони праці та екологічної безпеки прийняті відповідно до чинних будівельних норм і правил (БНіП 2.01.02-82) та спрямовані на створення безпечних і комфортних умов праці на виробництві.

4.2. Обґрунтування вибору основних параметрів системи охорони праці.

4.2.1. Обґрунтування вибору основних параметрів системи вентиляції.

З урахуванням особливостей виробничого процесу та характеру шкідливих факторів у цеху прийнято комбіновану систему вентиляції, що поєднує місцеву та загальнообмінну вентиляцію. Місцева вентиляція застосовується безпосередньо біля технологічного обладнання з інтенсивним утворенням деревного пилу та шкідливих аерозолів, що дає змогу ефективно видаляти їх у зоні виникнення. Загальнообмінна вентиляція призначена для підтримання нормативних параметрів мікроклімату в усьому виробничому приміщенні.

У санітарно-побутових приміщеннях повітрообмін організовано з використанням механічних вентиляторів, що забезпечує стабільну подачу свіжого повітря та видалення відпрацьованого незалежно від зовнішніх умов. Розрахунок необхідного повітрообміну та параметрів вентиляційних систем наведено у розділі, присвяченому енергозабезпеченню підприємства.

4.2.2. Обґрунтування вибору освітлення.

Відповідно до чинних санітарних норм і правил у виробничих та побутових приміщеннях передбачено використання природного освітлення. З урахуванням геометричних параметрів будівлі та ширини приміщень, що не

перевищує 12 м, прийнято бічне природне освітлення. Для забезпечення рівномірного освітлення робочих зон віконні прорізи розміщені з двох протилежних сторін будівлі. Таке рішення сприяє підвищенню зорового комфорту працівників, зменшенню втомлюваності та зниженню потреби у штучному освітленні в денний час.

4.2.3. Обґрунтування вибору захисного заземлення

З метою забезпечення електробезпеки персоналу та надійної роботи електрообладнання в цеху передбачено систему захисного заземлення. Прийнято заглиблений тип заземлення з відкритим контуром, що відповідає умовам експлуатації та характеристикам об'єкта. Заземлювальний пристрій спроектовано для кліматичної зони III з урахуванням ґрунтових умов (суглинок).

Як заземлювальні елементи використано сталеві стержні довжиною 1,6 м та діаметром 20 мм, з'єднані між собою сталеву смугою шириною 50 мм. Глибина закладання заземлення становить 0,9 м. Розрахунковий опір заземлювального пристрою не перевищує допустимого значення 4 Ом, що відповідає вимогам нормативної документації. Запроектована система захисного заземлення є універсальною та придатною для обох варіантів розглянутих технологічних процесів.

4.2.4. Обґрунтування вибору протипожежного забезпечення

Протипожежне забезпечення цеху спрямоване на гарантування своєчасного виявлення та ефективного гасіння пожеж з урахуванням категорії пожежної небезпеки виробництва і ступеня вогнестійкості будівель. Система протипожежного водопостачання передбачає наявність недоторканого запасу води, який забезпечує гасіння пожежі незалежно від поточних господарсько-побутових і виробничих витрат. Для гасіння пожеж у межах цеху запроектовано внутрішній водопровід кільцевого типу, інтегрований із санітарною системою.

4.2.5. Недоторканий запас води для пожежогасіння

Об'єм недоторканого запасу води визначено з урахуванням розрахункового числа пожеж, витрати води та тривалості гасіння. Для підприємства площею до 150 га прийнято одну розрахункову пожежу. Витрата води на пожежогасіння становить 10 л/с, а розрахунковий час гасіння — 3 години. На основі

цих даних визначено необхідну ємність пожежного резервуара, яка забезпечує нормативні умови пожежної безпеки об'єкта.

4.2.6. Вибір протипожежного інвентаря

Для забезпечення ефективного гасіння пожежі передбачено використання переносних та стаціонарних засобів пожежогасіння. Кількість мотопомп визначена виходячи з необхідного об'єму води, часу гасіння та їх продуктивності; прийнято одну мотопомпу з продуктивністю 600 л/хв.

Необхідна кількість вогнегасників встановлена залежно від площі цеху та нормативної площі гасіння одним вогнегасником. Для даного виробничого приміщення прийнято чотири вогнегасники. Кількість протипожежних щитів визначено з урахуванням площі, що обслуговується одним щитом; у проєкті передбачено один протипожежний щит.

Система автоматичного пожежогасіння спроектована із застосуванням спринклерних головок, кількість яких визначена на основі нормативної площі зрошування однією головкою. Для даного цеху прийнято 36 спринклерних головок, що забезпечує рівномірне покриття всієї виробничої площі та підвищує рівень пожежної безпеки.

4.2.7. Вибір системи блискавкозахисту.

Блискавкозахист вважається ефективним за умови, що будівля цеху повністю розміщується в межах зони захисту блискавковідводу. Для розрахунку системи блискавкозахисту прийнято такі вихідні дані: висота будівлі — 6,0 м, ширина — 12,0 м, довжина — 30,0 м.

З урахуванням конструктивних вимог відстань між стержневими блискавковідводами приймають у межах до 120 м. Оскільки довжина цеху становить 30 м, для забезпечення необхідного рівня захисту достатньо встановлення одного стержневого блискавковідводу.

За результатами визначення радіуса зони захисту та з використанням номограми встановлено необхідну висоту блискавковідводу, яка становить 19 м. Основні геометричні параметри зони захисту: відстань від блискавковідводу до торця будівлі — 15 м, кількість блискавковідводів — 1 шт. Прийняті параметри

забезпечують повне перекриття будівлі цеху зоною ефективного блискавкозахисту

4.2.8. Обґрунтування вибору індивідуальних засобів захисту обслуговуючого персоналу

З метою забезпечення безпечних умов праці та зниження впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників на працівників деревообробного цеху передбачено застосування індивідуальних засобів захисту (ІЗЗ) відповідно до вимог чинних нормативних документів і стандартів системи охорони праці.

Для операторів деревообробного обладнання (верстатників) базовий комплект індивідуальних засобів захисту включає бавовняно-паперовий спеціальний одяг, комбіновані захисні рукавиці, захисні окуляри для запобігання потраплянню механічних частинок в органи зору, а також засоби захисту органів слуху для зниження рівня шумового навантаження.

Під час виконання операцій з розпилювання деревних матеріалів, окрім стандартного спецодягу, рукавиць і захисних окулярів, передбачено використання респіраторів для захисту органів дихання від деревного пилу та аерозолів, а також протишумових засобів.

Для верстатників, які обслуговують пресове обладнання та клеєві валки, застосовується бавовняний півкомбінезон, комбіновані рукавиці та захисні окуляри. З урахуванням можливого виділення шкідливих речовин під час роботи з клеями додатково передбачено використання засобів захисту органів дихання.

Працівники, задіяні на свердлильно-пазувальних операціях, забезпечуються бавовняно-паперовим спецодягом, комбінованими захисними рукавицями та захисними окулярами, що дозволяє ефективно запобігати травмуванню під час оброблення заготовок.

Запропонований перелік індивідуальних засобів захисту відповідає вимогам нормативної документації та забезпечує належний рівень безпеки праці для обслуговуючого персоналу при виконанні передбачених технологічних операцій.

5. Економічний розділ

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджується формування собівартості виготовлення криволінійних заготовок із масивної деревини за різних технологічних підходів до виробничого процесу. Актуальність обраної теми зумовлена тим, що рівень і структура виробничих витрат безпосередньо впливають на фінансові результати підприємства, його прибутковість, конкурентоспроможність та можливості подальшого розвитку.

Витрати визначають мінімально допустиму ціну продукції, межу безбитковості, а також широко застосовуються в процесах ціноутворення й планування рентабельності. Поряд із загальним обсягом витрат важливе значення має їх структура, оскільки вона відображає особливості організації виробництва, дає змогу виявити внутрішні резерви економії та потенційні ризики.

Формування витрат залежить від сукупності чинників, зокрема вартості та якості ресурсів, рівня використання трудових і виробничих потужностей, продуктивності праці, організації технологічного процесу, масштабу виробництва та обраної виробничої програми. Усвідомлення впливу цих чинників створює передумови для ефективного управління затратами.

Метою управління витратами є не їх формальне мінімізування, а раціональне використання ресурсів і підвищення їх віддачі на всіх стадіях виробництва. Зменшення витрат на одиницю продукції повинно здійснюватися без погіршення якості та з дотриманням вимог технологічного процесу, що відповідає принципам інтегрованої системи управління підприємством.

Ефективне управління затратами є ключовим елементом сучасного менеджменту, який має адаптуватися до змін зовнішнього середовища та забезпечувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень у динамічних ринкових умовах.

Аналіз витрат на технологічний процес виготовлення криволінійних заготовок із масивної деревини є важливим елементом системи управління виробничими затратами підприємства. Реалізація такого процесу можлива з використанням різних технологічних рішень, які відрізняються рівнем ресурсоемності та структурою витрат. Вибір раціонального варіанта технології здійснюється

виробником з урахуванням цін на основні види ресурсів, необхідного обсягу виробництва, а також дії інших обмежувальних чинників технічного, економічного та організаційного характеру.

Для проведення фінансово-економічного аналізу витрат альтернативних варіантів виготовлення криволінійних заготовок з масивної деревини визначено систему вихідних параметрів, актуальних на момент виконання розрахунків. До них належать: ціни на сировину та матеріали (чорнові заготовки твердолистяних порід — 6400 грн/м³, струганий шпон — 107 грн/м², лущений шпон — 3770 грн/м³, клей КФ-БЖ — 142 грн/кг, клеєва нитка — 260 грн/кг); транспортно-заготівельні витрати, прийняті на рівні 12 % від закупівельної вартості; ціни на зворотні відходи (ділові — 700 грн/м³, паливні — 300 грн/м³).

Крім того, в розрахунках враховано норматив запасу сировини та матеріалів для забезпечення безперебійної роботи виробництва, який становить 30 календарних днів; середньомісячну заробітну плату одного виробничого робітника — 27 700 грн та відрахування на обов'язкове соціальне страхування в розмірі 38,4 %. Для визначення енергетичних витрат використано середні тарифи на енергоносії: електроенергія — 8,2 грн/кВт·год, пара — 454,4 грн/т, вода — 49 грн/м³.

У складі капітальних витрат прийнято вартість 1 м² виробничої площі цеху на рівні 12 000 грн, норми амортизаційних відрахувань для пасивної частини основних фондів — 7,76 %, для активної частини (технологічного обладнання) — 21,93 %. Заготівельно-монтажні витрати на обладнання становлять 20 % від його вартості, витрати на ремонти — 4,5 % від вартості основних фондів, витрати на охорону праці — 7 % від фонду оплати праці основних виробничих робітників. Інші витрати (адміністративні, витрати на утримання обладнання та цеху тощо) прийняті на рівні 15 % від суми попередніх витрат.

Норми витрат сировини й матеріалів, обсяги зворотних відходів за видами, витрати енергоносіїв, чисельність виробничого персоналу, а також перелік необхідного технологічного обладнання наведені у попередніх розділах магістерської роботи. Вартість обладнання для реалізації кожного з чотирьох проектних варіантів подано в додатку Б.

Детальні розрахунки собівартості за проектними варіантами організації технологічного процесу виготовлення криволінійних заготовок із масивної деревини, виконані на основі прийнятих вихідних даних, наведено в подальших підрозділах роботи.

Варіант I

1. Сировина:

$$0,00128 \text{ м}^3 * 6400 * 1,12 = 9,18 \text{ грн/шт}$$

2. Матеріали: *не використовуються*

3. Зворотні відходи (—):

$$[(0,514 * 700) + (0,164+0,212)*300]/1000 = - \mathbf{0,06} \text{ грн/шт}$$

4. Електроенергія:

$$(59130 * 8,2)/180000 = \mathbf{2,69} \text{ грн/шт}$$

5. Пара:

$$(758,5 * 454,4)/ 180000 = 1,91 \text{ грн/шт}$$

6. Вода:

$$(136,8 * 36,37)/ 180000 = \mathbf{0,03} \text{ грн/шт}$$

7. Заробітна плата виробничих робітників:

$$(7 * 27700 * 12 \text{ місяців})/ 180000 = 12,93 \text{ грн/шт}$$

8. Відрахування на соцстрах:

$$\mathbf{12,93} * 0,384 = 4,96 \text{ грн/шт}$$

9. Амортизація основних фондів:

$$[(360 \text{ м}^2 * 12000 \text{ грн.} * 0,0776)+(158900,0 \text{ грн} * 1,2 * 0,2193)]/180000 = \mathbf{0,42}$$

грн/шт.

10. Витрати на ремонти основних фондів:

$$[(360 \text{ м}^2 * 12000 \text{ грн.}) + 138170 \text{ грн}] * 0,045/180000 = \mathbf{1,11} \text{ грн/шт}$$

11. Витрати на охорону праці:

$$12,93 * 0,07 = 0,91 \text{ грн/шт}$$

12. Інші виробничі витрати:

$$\underline{34,14 * 0,15 = 5,12 \text{ грн/шт.}}$$

РАЗОМ ВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ ЗА ВАРІАНТОМ I: **39,39** грн/шт.

Варіант II:

1. Сировина:

$$[(0,104 \text{ м}^2 * 107) + (0,0009 * 3770)] * 1,12 = 16,26 \text{ грн/шт.}$$

2. Матеріали:

$$[(0,046 * 142) + (0,00012 * 260)] * 1,12 = 7,35 \text{ грн/шт}$$

3. Зворотні відходи (—):

$$(0,5 + 0,049) * 70 / 1000 = - 0,04 \text{ грн/шт}$$

4. Електроенергія:

$$(74534,2 * 8,2) / 270000 = 2,26 \text{ грн/шт}$$

5. Пара:

$$(429,9 * 454,4) / 270000 = 0,72 \text{ грн/шт}$$

6. Вода:

$$(130,4 * 36,37) / 270000 = 0,02 \text{ грн/шт}$$

7. Заробітна плата виробничих робітників:

$$(6 * 27700 * 12 \text{ місяців}) / 270000 = 7,39 \text{ грн/шт}$$

8. Відрахування на соцстрах:

$$7,39 * 0,384 = 2,51 \text{ грн/шт}$$

9. Амортизація основних фондів:

$$[(360 \text{ м}^2 * 12000 \text{ грн.} * 0,0776) + (134800 \text{ грн} * 1,2 * 0,2193)] / 270000 = 1,37$$

грн/шт.

10. Витрати на ремонти основних фондів:

$$[(360 \text{ м}^2 * 12000 \text{ грн.}) + 134800 \text{ грн}] * 0,045 / 270000 = 0,74 \text{ грн/шт}$$

11. Витрати на охорону праці:

$$7,39 * 0,07 = 0,52 \text{ грн/шт}$$

12. Інші виробничі витрати:

$$39,14 * 0,15 = 5,87 \text{ грн/шт.}$$

РАЗОМ ВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ ЗА ВАРІАНТОМ II: 44,97 грн/шт.

Результати виконаних розрахунків у дещо агрегованій формі представлені в таблиці 5.1. Дані таблиці дають можливість порівняння структури собівартості, вираженої у відсотках, виготовлення криволінійних заготовок згідно проектних варіантів технологічного процесу.

Таке порівняння дозволяє виявити найбільш матеріаломісткий, енергомісткий, зарплатомісткий і амортизісткий варіант технологічного процесу.

Таблиця 5.1. Структура собівартості виготовлення криволінійних заготовок за різними варіантами технологічного процесу (%%)

№ з/п	Елементи собівартості	Проектні варіанти технології			
		I		II	
1	Сировина та матеріали (за мінусом зворотних відходів)	9,12		23,57	
2	Енергетичні витрати	4,63		3,00	
3	Заробітна плата основних виробничих робітників із відрахуваннями	17,89		9,90	
4	Амортизація, витрати на ремонти та на охорону праці	2,63		2,63	
5	Інші витрати	5,12		5,87	
	РАЗОМ:	39,39		44,97	

Для унаочнення порівняння представимо його графічно на рис. 5.2.

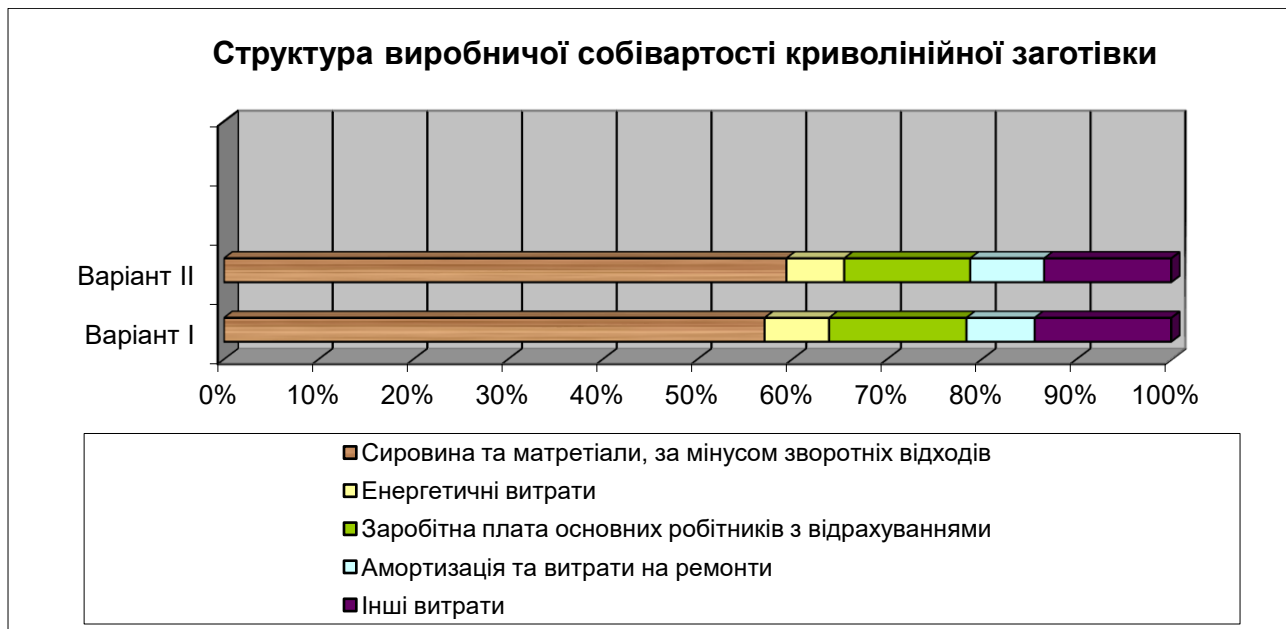


Рис. 5.2. Структура виробничої собівартості криволінійної заготівки

Фінансово-економічні аспекти порівняльного аналізу можуть мати ключове значення для виробників при прийнятті ними рішень щодо оптимального варіанту технологічного процесу за зміни тих чи інших макроекономічних умов.

Тому, для забезпечення повноти такого порівняльного аналізу доповнимо його ще двома питомими (на 1 заготівку) показниками: *продуктивністю (або ефективністю використання виробничої площі)* та *капіталомісткістю (або сумою інвестиційних витрат на одиницю продукції)*.

Продуктивність чи зняття продукції з 1 м² виробничої площі за варіантами:

$$I = 180000/360 = 500 \text{ шт/м}^2;$$

$$II = 270000/360 = 750 \text{ шт/м}^2.$$

Використаємо розраховані показники разом із величиною виробничої собівартості криволінійної заготівки за варіантами для графічного порівняльного аналізу (рис. 5.3).

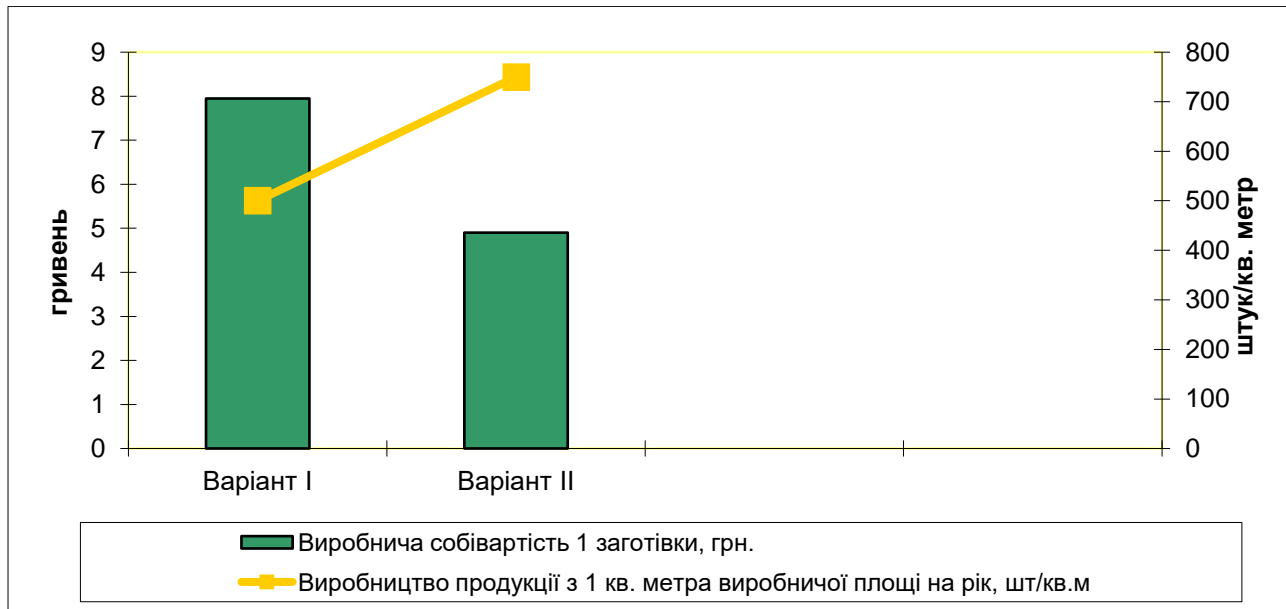


Рис. 5.3. Порівняльна характеристика продуктивності та собівартості проектних варіантів технологічного процесу

Графічне порівняння свідчить про безсумнівну перевагу останнього (ІУ) варіанту технології за двома наведеними критеріями: ефективність використання виробничої площі та рівень питомих виробничих витрат.

Ще одним важливим для будь-якого інвестора показником є показник *капіталомісткості* (або суми інвестиційних витрат на одиницю продукції).

Для розрахунку цього показника за проектними варіантами візьмемо до уваги інвестиційні витрати на будівництво виробничих приміщень і придбання необхідного обладнання, а також вартість сировини та матеріалів на виробництво заготовок із розрахунку створення їх 30-денного запасу (інвестиції в обігові кошти). Разом ці витрати складуть суму загальних інвестицій ($I_{\text{заг}}$) по кожному з варіантів:

$$I_{\text{заг-I}} = 432,0 + 158,9 + (4,59 * 180 * 30 \text{ днів})/360 \text{ днів} = 659,8 \text{ тис. грн.}$$

Капіталомісткість одиниці продукції складе 3,67 грн. (659,8/180).

$$I_{\text{заг-II}} = 432,0 + 189,84 + (2,91 * 270 * 30 \text{ днів})/360 \text{ днів} = 687,32 \text{ тис. грн.}$$

Капіталомісткість одиниці продукції складе 2,55 грн. (687,32/270).

Приєднавши цей показник до розрахованих нами раніше показників матеріаломісткості, енергомісткості, зарплатомісткості і амортизісткості, можемо виконати ще один вид графічного порівняльного аналізу за вказаними питомими економічними показниками (рис. 5.4).

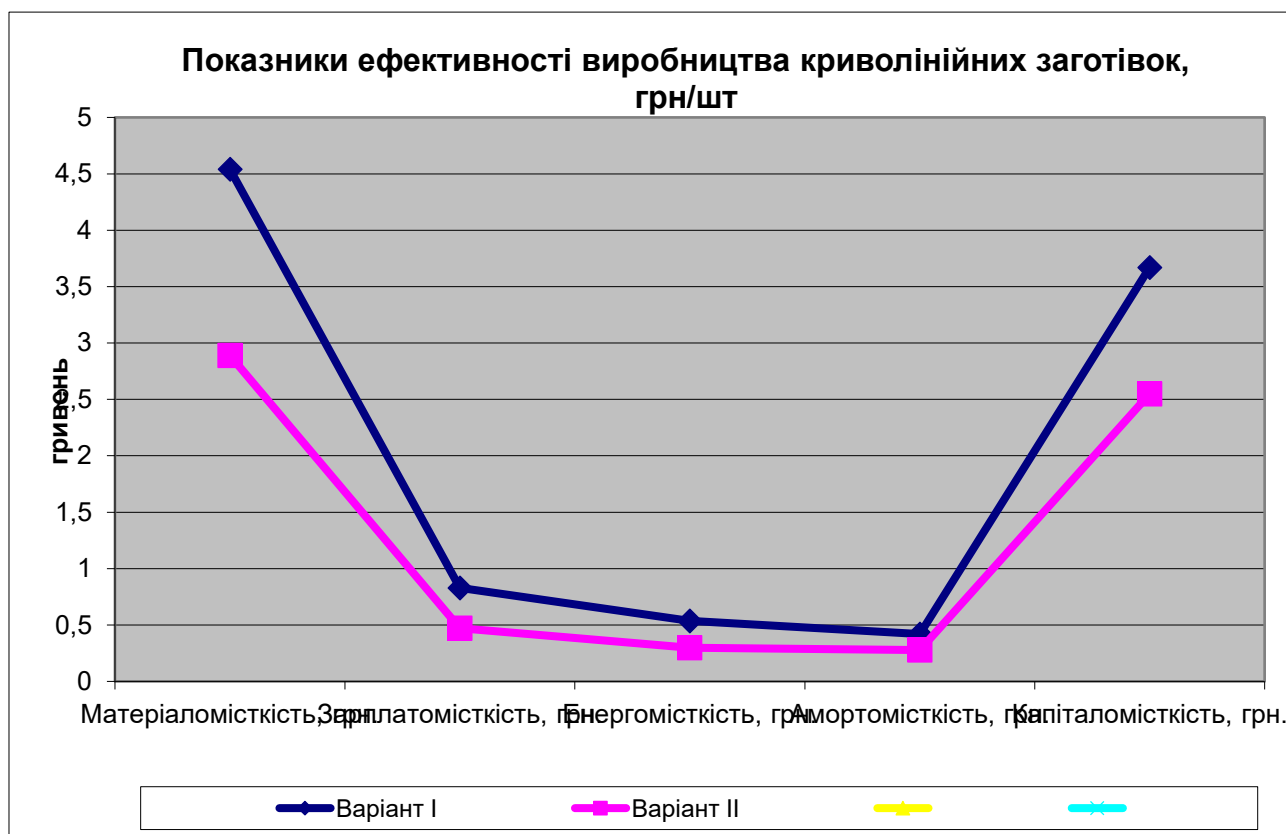


Рис. 5.4. Питомі показники ресурсоемності продукції за різними варіантами технологічного процесу

Наведений графік засвідчує суттєву відмінність між варіантами за матеріаломісткістю (сировинний ресурс) і капіталомісткістю (інвестиційний ресурс). Зміна макроекономічних умов, котрі можуть спричинити підвищення вартості цих ресурсів, зумовлюватиме прийняття виробником відповідного рішення щодо вибору оптимального варіанту технології виготовлення криволінійних заготівок.

Висновки:

1. Собівартість виготовлення гнутої заготовки становить 39,39 грн., а гнутоклеєної – 44,97 грн.
2. В структурі виробничої собівартості більшу долю мають затрати на сировину та на заробітну плату для двох варіантів.
3. Виробнича собівартість гнутої заготовки вища за гнутоклеєну.
4. Виробництво продукції з 1 кв. м. площі в 1,5 рази більше для гнутоклеєних заготовок.
5. Є суттєва відмінність між варіантами за матеріаломісткістю (сировинний ресурс) і капіталомісткістю (інвестиційний ресурс)

Висновки

1. Проаналізовано способи виготовлення криволінійних заготовок.
2. Розрахували потребу в сировині і матеріалах для виготовлення гнutoї заготовки і заготовки, отриманої гнуттям з одночасним склеюванням.
3. Спроекували технологічні процеси, підібрали обладнання, встановили оптимальні програми для кожного варіанта, розрахували розміри цеху і кількість працівників.
4. Розрахували потребу в енергоносіях (електроенергія, пара, вода).
5. Розроблені основні заходи з охорони праці.
6. Розраховано економічну ефективність
7. Викладена інформація дозволить виробничникам приймати більш зважені рішення при організації виробництва криволінійних заготовок

Список використаної літератури

1. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: підручник. – Львів: ТЗОВ «Країна ангелів», 2010. – 305 с.
2. Заяць І. М. "Технологія виробів з деревини" - Львів 1999 рік, 221 стор.
3. Кшивецький Б.Я. Методичний посібник з курсового та дипломного проектування для розрахунку матеріалів у виробництві меблевих виробів з дисципліни "Технологія меблевих виробів" для студентів напряму "Дизайн" / Б.Я. Кшивецький, В.Р. Солонинка. – Львів: ТЗОВ "ЗУКР", 2009. – 108 с.
4. Грицак С.А., Гайда С.В. Порівняльний аналіз фізико-механічних характеристик гнутих елементів із різних порід дерев. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2020, вип. 46. – С. 16-27.
5. ВКПТИМ "Единый сборник нормативов времени в производстве мебели" Раздел 3. Нормативы времени на групповой раскрой древесностружечных, древесноволокнистых плит, фанеры и подготовку щитов к облицовыванию. Москва, 1988 г., 40 стр.
6. ВКПТИМ "Единый сборник нормативов времени в производстве мебели" Раздел 2. Нормативы времени на раскрой пиломатериалов на черновые заготовки. Москва, 1988г., 39 стр.
7. ВКПТИМ "Единый сборник нормативов времени в производстве мебели" ,Раздел 4. Нормативы времени на механическую обработку брусковых деталей. Москва, 1988г., 148 стр.
8. ВКПТИМ "Единый сборник нормативов времени в производстве мебели", Раздел 8. Нормативы времени на повторную механическую обработку щитов и рамоок прямоугольной формы. Москва, 1988г., 87 стр.
9. Прокопович Б. В. "Технологічні аспекти проектування столярно-меблевих підприємств" - Київ 1996 рік, 89 стор.
10. Прокопович Б. В. "Основи проектування столярно-меблевих виробництв". Частина 2. Нетехнологічні частини проекту. - Львів 1992 рік, 83 стор.

11. Методичні указівки по курсовому і дипломному проектуванню. Розділ: "Проектування технологічного процесу" - Львів 1990 рік, 82 стор.

12. Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці» в бакалаврських дипломних роботах”. Автори: Сторожук В.М., Сомар Г.В., Львів 2019 р.

13. Козаченко Г.В., Погорелов Ю.С., Хлап'юнов Л.Ю., Макухін Г.А. Управління затратами підприємства. - Монографія. - Київ: Лібра, 2007. - 320 с.

14. Колінько І., Якуба М. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів із меблевого виробництва (для спеціальності 7.09002 „Технологія деревообробки”). - Львів: УкрДЛТУ, 2005. - 64 с.

Розрахунок норм витрат деревинних матеріалів на виготовлення заготовок Форма 1.

Найменування деталей, складальних одиниць	Позначення деталі по специфікації	К-сть деталей на виріб, шт	Матеріал деталі	Розміри деталей в чистоті, мм			Об'єм чи площа комплекту деталей в чистоті, м ³ /м ²	Розміри заготовок, мм			Стандартна товщина матеріалу	Об'єм чи площа комплекту заготовок, м ³ /м ²	Процент технологічних відходів заготовок	Об'єм чи площа комплекту заготовок з врахуванням технологічних відходів	Процент корисного виходу заготовок при розкрою	Норма витрат матеріалів на комплект однойменних заготовок
				Д	Ш	Т		Д	Ш	Т						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Варіант I (гнуття масивної деревини)																
	00.00.01	1	твл.п	688	33	19	0,00043	723	39	24	25	0,00070	15	0,00083	65	0,001281
Варіант II (гнуття з одночасним склеюванням)																
	00.02.03	2	ш. стр	688	33	0,8	0,045	713	381/10	0,8	0,8	0,054	5	0,057	55	0,104 м ²
							0,000036					0,000043		0,000046		0,000083 м ³

Розрахунок норм витрат сухого лушеного шпону на виготовлення гнотоклеєних деталей на виріб

Форма 3

1	2	3	4	5	Розміри гнотоклеєних деталей в чистоті, мм			9	Розміри заготовок шпону, мм			13	14	15	16	17	18	19
					6	7	8		10	11	12							
Варіант II (гнуття з одночасним склеюванням)																		
		00.02.01	10	ш. лущ.	688	33	1,6	0,00036	713	381/10	1,6	0,00043	0,00048	0,00051	0,00052	0,00055	73	0,00075
		00.02.02	2	ш. лущ.	33	688	1,6	0,00007	381/10	713	1,6	0,00008	0,00009	0,00010	0,00010	0,00011	73	0,00015
								0,00043				0,00051	0,00057	0,00061	0,00062	0,00066		0,00090

Баланс деревинних матеріалів і відходів на 1000 виробів

Форма 4.

Найменування деревинних матеріалів	Надходження і переробка деревинних матеріалів на 1000 виробів				Розкрій деревинних матеріалів, м ³			Технологічні відходи, м ³		Обробка чорнових заготовок, м ³				Обробка чистових заготовок, м ³				Всього відходів на 1000 виробів, м ³			
	Об'єм деревинних матеріалів	сьог заготовок з врах сьо відходів, V	Заготовок, V	Деталей, V	Всього відходів	Обрізки	Тирса	Всього відходів	Обрізки	сього відходів	Обрізки	Тирса	Стружка	Всього відходів	Обрізки	Тирса	Стружка	Всього відходів	Обрізки	Тирса	Стружка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Варіант I	1,28	0,83	0,70	0,43	0,45	0,32	0,13	0,13	0,13	0,27	0,06	0,03	0,18	0,04	0,004	0,004	0,032	0,89	0,514	0,164	0,212
Варіант II	0,90	0,66	0,51	0,43	0,24	0,24	-	0,15	0,15	0,08	0,05	0,015	0,015	0,003	0,003	0,003	0,024	0,50	0,443	0,018	0,039

Додаток 1.4.
Таблиця 2.4.

Розрахунок площі поверхонь на які наноситься клей.

Форма 5

Найменування клеєвого матеріалу ГОСТ, ТУ, марка	Спосіб склеювання	Спосіб нанесення клею	Найменування деталей, що склеюються	Наймен матеріал на який наноситься клей	К-сть деталей у виробі	К-сть поверхонь що склеюються	Розмір поверхні на яку наноситься клей		Площі поверхні на які наноситься клей			
							Д	Ш	Всього на виріб, м ²	В т ч по групах складності		
										I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
КФ-БЖ	горячий	валковий	00.02.01	ш. стр	1	13	713	381/10	0,353	0,353		
Клеєва нитка	холодний	валковий	00.02.03	ш. стр	2	1	713	381/10	0,081	0,081		

Додаток 1.5.
Таблиця 2.5.

Розрахунок норм витрат клеєних матеріалів.

Форма 6

Найменування клеєного матеріалу	Одиниця виміру	Спосіб склеювання	Спосіб нанесення клею	Найменування матеріалу на який наноситься клей	Група складності поверхні	Площа склеювання, м ²	Норматив витрат клеєвого матеріалу, кг/м ²	Норма витрат клеєвого матеріалу, кг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КФ-БЖ	кг/м ²	горячий	валковий	ш. стр	I	0,353	0,130	0,046
Клеєва нитка	кг/м ²	холодний	валковий	ш. стр	I	0,081	0,0015	0,00012

Розрахунок необхідної кількості обладнання

Варіант I (ГНУТТЯ масивної деревини)

Річна програма 100 , тис.шт.

Назва обладнання	Затраги часу на 1000 виробів,	Відсоток технологічних втрат, П %	Річна програма А _р , тис.шт	К-сть верстагодин на річну програму	Номінальний фонд часу, год	Відсоток втрат часу на ремонт	Ефективний фонд часу, год	Розрахункова кількість верс-	Прийнята кількість верстатів,	Відсоток завантаження облад-
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Круглопилковий в-т	3,01	8	3,251	325,1	2000	4	1920	0,169	1	16,9
2. Круглопилковий в-т	0,95	7	1,016	101,6	2000	4	1920	0,053	1	5,3
3. Автоклав (25 шт)	10,28	5	10,794	1079,4	2000	3	1940	0,556	1	55,6
4. Гнутарний в-т	9,92	8	10,714	1071,4	2000	4	1920	0,558	1	55,8
5. Сушильна камера	1,61	3	1,658	165,8	2000	6	1880	0,088	1	8,8
6. Фуговальний в-т	2,39	4	2,486	248,6	2000	4	1920	0,129	1	12,9
7. Рейсмусний в-т	0,8	4	0,832	83,2	2000	4	1920	0,043	1	4,3
8. Круглопилковий в-т	11,56	3	11,907	1190,7	2000	4	1920	0,620	1	62,0
9. Круглопилковий в-т	5,22	3	5,377	537,7	2000	4	1920	0,280	1	28,0

Розрахунок необхідної кількості обладнання

Варіант II (гнущтя з одночасним склеюванням)

Річна програма 100

, тис.шт.

Назва обладнання	Заграти часу на 1000 виробів, верстагодин	Відсоток техно-логічних втрат, П %	Річна програма А _р , тис.шт	К-сть верстаго-годин на річну програму	Номінальний фонд часу, год	Відсоток втрат часу на ремонт обладнання, %	Ефективний фонд часу, год	Розрахункова кількість верс-татів, N _р , шт	Прийнята кіль-кість верстатів, N _{пр} , шт	Відсоток заван-таження облад-нання, P _з , %
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Р.М розмітки шпону	0,35	5	0,368	36,8	2000	1	1980	0,02	1	2
2. Гільотинні ножиці	2,17	8	2,344	234,4	2000	3	1940	0,121	1	12,1
3. Ребросклеювальний в-т	2,97	5	3,118	331,8	2000	3	1940	0,161	1	16,1
4. Клеєві валки	0,68	3	0,70	70	2000	3	1940	0,036	1	3,6
5. Р.М формування пакету	2,61	4	2,714	271,4	2000	1	1980	0,137	1	13,7
6. Прес П479 (40шт)	6,69	4	6,958	695,8	2000	6	1880	0,370	1	37,0
7. Стрічковий в-т	4,40	4	4,576	457,6	2000	4	1920	0,238	1	23,8
8. Круглопилковий в-т	3,23	3	3,327	332,7	2000	4	1920	0,173	1	17,3
9. Фуговальний в-т	2,39	4	2,486	248,6	2000	4	1920	0,129	1	12,9
10. Рейсмусний в-т	0,8	4	0,832	83,2	2000	4	1920	0,043	1	4,3
11. Круглопилковий в-т	5,22	3	5,377	537,7	2000	4	1920	0,280	1	28,0

Додаток 2.3.
Таблиця 2.9.1.

Аналіз завантаження обладнання

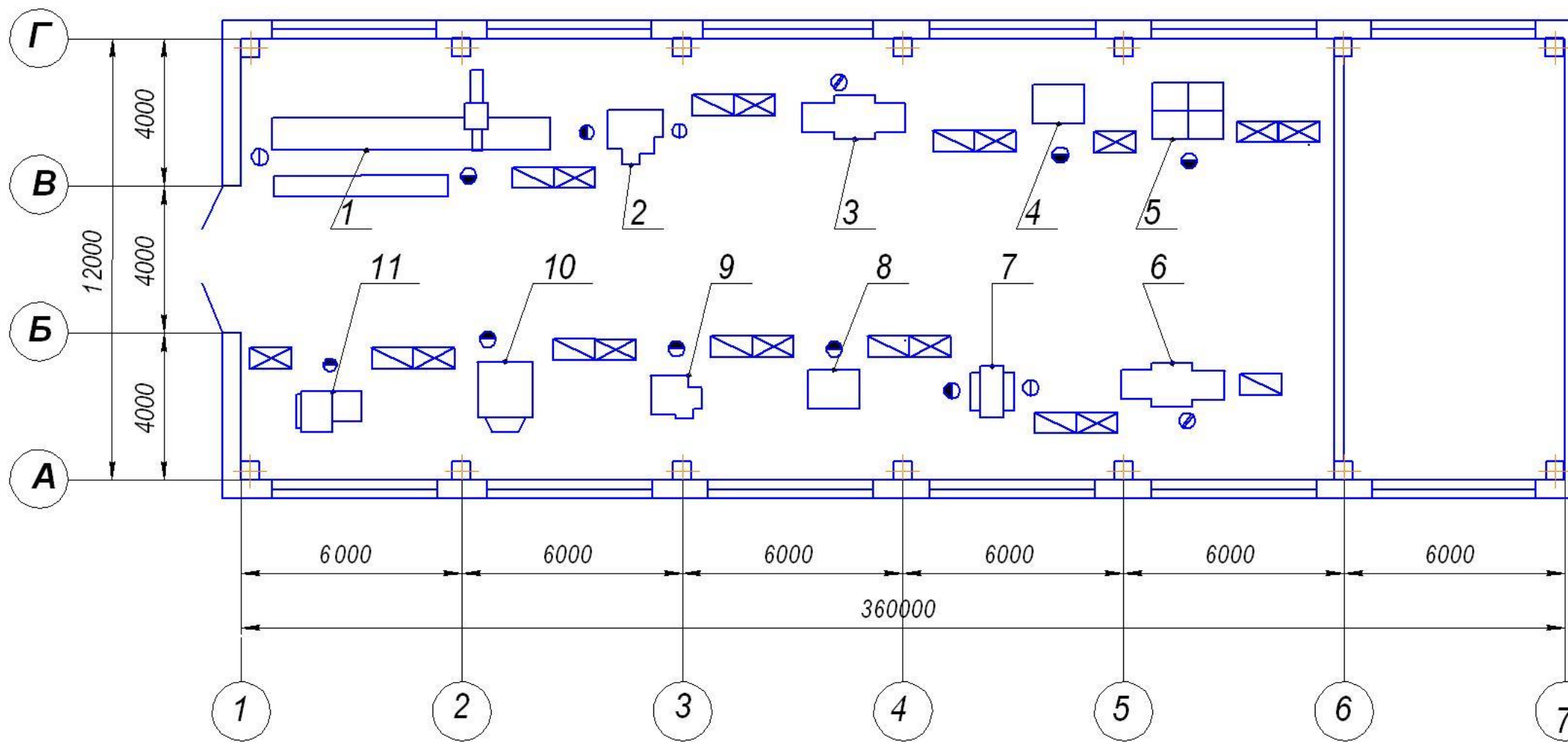
Варіант I (гнугтя масивної деревини)

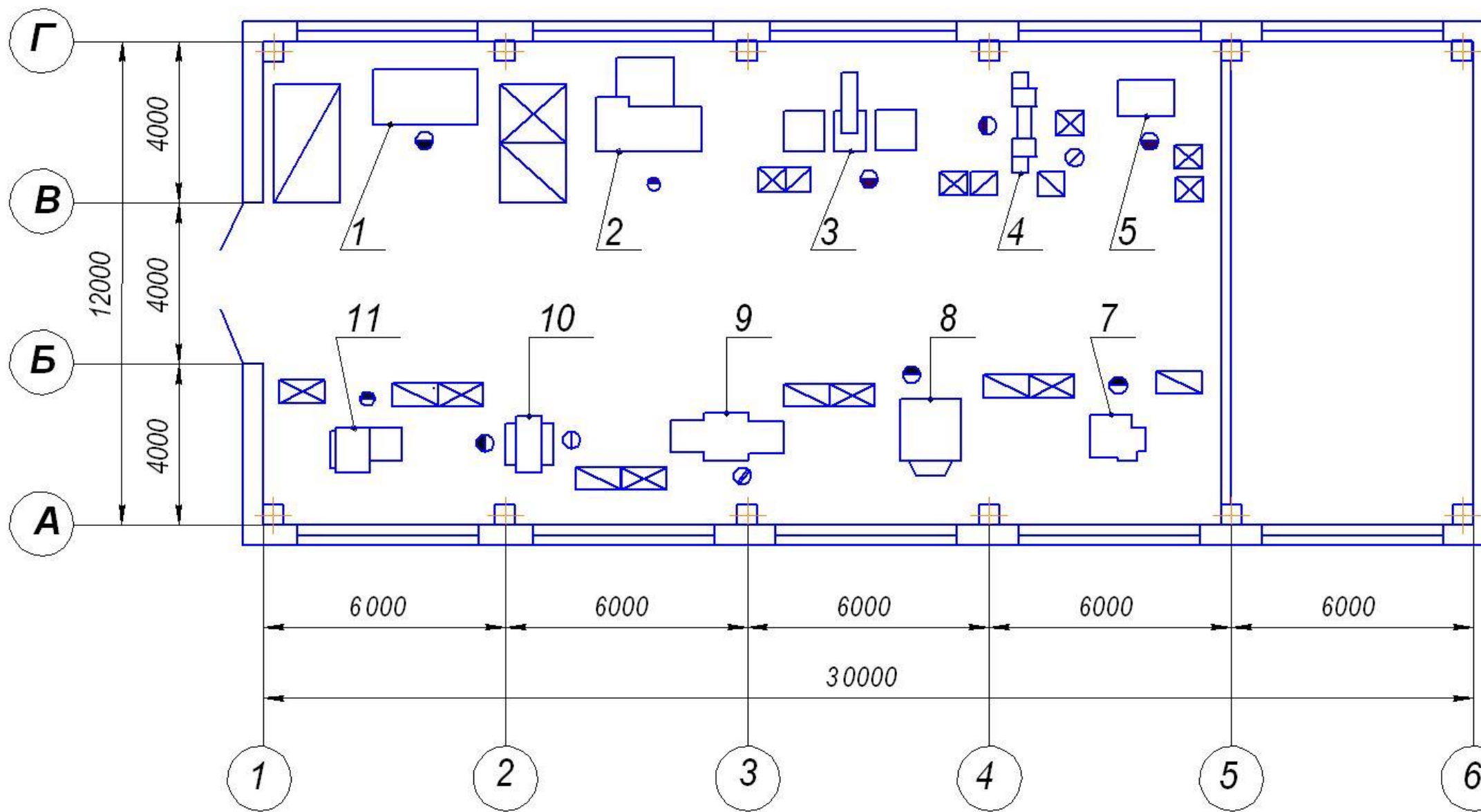
N п/п	Назва обладнання	Задана програма $A_{річн}=100$ тис.шт.			Програма $A_1=170$ тис.шт			Програма $A_2= 180$ тис.шт			Програма $A_3= 190$ тис.шт		
		n_p	n_n	P_3	n_p	n_n	P_3	n_p	n_n	P_3	n_p	n_n	P_3
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Круглопилковий в-т	0,169	1	16,9	0,287	1	28,7	0,304	1	30,4	0,321	1	32,1
2	Круглопилковий в-т	0,053	1	5,3	0,090	1	9	0,095	1	9,5	0,101	1	10,1
3	Автоклав (50 шт)	0,556	2	55,6	0,945	1	94,5	1,008	1	100,8	1,056	2	52,8
4	Гну тарний в-т	0,558	1	55,8	0,943	1	94,9	1,004	1	100,4	1,060	2	53
5	Сушильна камера	0,088	1	8,8	0,150	1	15	0,158	1	15,8	0,167	1	16,7
6	Фугувальний в-т	0,129	1	12,9	0,219	1	21,9	0,232	1	23,2	0,245	1	24,5
7	Рейсмусний в-т	0,043	1	4,3	0,073	1	7,3	0,077	1	7,7	0,082	1	8,2
8	Круглопилковий в-т	0,620	1	62	1,054	1	105,4	1,116	2	55,8	1,178	2	58,9
9	Круглопилковий в-т	0,280	1	28	0,476	1	47,6	0,504	1	50,4	0,532	1	53,2

Аналіз завантаження обладнання

Варіант II (гнуття з одночасним склеюванням)

N п/п	Назва обладнання,	Задана програма $A_{річн}= 100$ тис.шт.			Програма $A_1= 260$ тис.шт			Програма $A_2= 270$ тис.шт			Програма $A_3=280$ тис.шт		
		n_p	n_n	P_3	n_p	n_n	P_3	n_p	n_n	P_3	n_p	n_n	P_3
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Р.М. розмітки шпону	0,02	1	2	0,052	1	5,2	0,054	1	5,4	0,056	1	5,6
2	Гільотинні ножиці	0,121	1	12,1	0,315	1	31,5	0,327	1	32,7	0,339	1	33,9
3	Рибросклеювальний в-т	0,161	1	16,1	0,419	1	41,9	0,435	1	43,5	0,451	1	45,1
4	Клеєві валки	0,036	1	3,6	0,094	1	9,4	0,097	1	9,7	0,101	1	10,1
5	Р.М. формування пакетів	0,137	1	13,7	0,356	1	35,6	0,370	1	37	0,384	1	38,4
6	Прес П 479 (40 шт – 4 поверхи)	0,370	1	37	0,962	1	96,2	0,999	1	99,9	1,036	2	51,8
7	Стрічковий в-т	0,238	1	23,8	0,619	1	61,9	0,643	1	64,3	0,666	1	66,6
8	Фрезерний в-т	0,173	1	17,3	0,450	1	45	0,467	1	46,7	0,484	1	48,4
9	Фугувальний в-т	0,129	1	12,9	0,335	1	33,5	0,348	1	34,8	0,361	1	36,1
10	Рейсмусний в-т	0,043	1	4,3	0,112	1	11,2	0,116	1	11,6	0,120	1	12
11	Круглопилковий в-т	0,280	1	28	0,728	1	72,8	0,756	1	75,6	0,784	1	78,4





Додаток 3.3
 Таблица 3.2.1

Розрахунок електричного навантаження і річного споживання силової електроенергії (вар. І)

Назва споживачів по цехах	Кількість обладнання	Встановл. потужність ел.дв., кВт		Розрахункові коефіцієнти							Розрахункові потужності			Річний розрахунковий час роботи	Річне споживання електроенергії
		Одиниці	Всього	K_o	K_n	η_d	η_c	K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Активна P_p , кВт	Реактивна Q_p , кВар	Повна S_p , кВ.А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. . Круглопилковий в-т	1	5,4	5,4	0,7	0,304	0,8	0,96	0,28	0,55	1,70	1,50	2,55	2,73	1920	2880,0
2. . Круглопилковий в-т	1	17,4	17,4	0,7	0,095	0,8	0,96	0,09	0,65	1,65	1,51	2,49	2,32	1920	2899,2
3. Автоклав	1	4	8	0,7	1,008	0,8	0,96	0,92	0,65	1,65	2,76	4,55	4,25	1920	5354,4
4. Гнударний в-т	1	4,1	4,1	0,7	1,004	0,8	0,96	0,51	0,55	1,70	4,58	7,79	8,33	1920	8793,6
5. Сушильна камера	1	5,5	5,5	0,7	0,158	0,8	0,96	0,14	0,75	1,55	1,73	2,68	2,31	1880	3252,4
6. . Фугувальний в-т	1	12,5	12,5	0,7	0,232	0,8	0,96	0,21	0,55	1,70	1,16	1,97	2,11	1920	2227,2
7. Рейсмусний в-т	1	5,5	5,5	0,7	0,077	0,8	0,96	0,07	0,55	1,70	0,88	1,50	1,60	1920	1689,4
8. Круглопилковий в-т	2	4,1	8,2	0,7	0,558	0,8	0,96	0,51	0,50	1,73	4,17	7,21	8,34	1920	8006,4
9. Круглопилковий в-т	1	4	4	0,7	0,504	0,8	0,96	0,46	0,55	1,70	1,84	3,13	3,35	1920	3532,8
10. Вентилятор	1	5	5	0,7	0,95	0,8	0,96	0,87	0,55	1,70	4,35	7,40	7,90	2000	8700
11. Компресор	1	2,8	2,8	0,7	0,95	0,8	0,96	0,87	0,55	1,70	2,44	4,15	4,44	2000	4880
Всього			80,8												52215,6

Розрахунок витрати пари на технологічні потреби

№ п/п	Назва споживачів	Варіант технологічного процесу	Кількість	Середньогодинна витрата пари, кг/год		Кількість годин роботи споживача в рік T_p , год	Річна витрата пари Q_p , т/рік	Примітка
				Одним споживачем	Всіма споживачами			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Автоклав	I	1	180	180	1940	349,2	
2	Сушарка	I	1	150	150	1880	282	
	Разом:						631,2	
1	Прес П479	II	1	160	160	1880	300,8	

3.2.2. Розрахунок витрати пари на опалення та вентиляція

Вихідні дані:

- місце розташування машинного цеху: м. Львів;
- будівельна кубатура цеху: вар. I - 2160 м³; вар. II - 2160 м³;
- розрахункова температура для опалення – 16⁰С.;
- розрахункова температура для вентиляції в холодний період – 7⁰С.;
- середня температура опалювального сезону – 0,2⁰С.;
- тривалість опалювального сезону – 185 днів.

3.2.2.1. Метеорологічні параметри у цеху

Роботи у машинному цеху можна віднести до категорії середньої важкості. По БНіП 245-81 для холодного і перехідного періодів року для приміщення, яке характеризується незначними витратами тепла (20 ккал/м³ год і менше) оптимальні норми метеорологічних умов встановлені такі:

- температура повітря: $t_{п} = 17 - 19^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря: $\varphi = 60-30\%$;
- швидкість руху повітря: U не вище 0,3 м/сек.

Для розрахунку системи опалення приймаємо такі параметри:

$$t_{п} = 18^{\circ}\text{C}; \quad \varphi = 60\%; \quad U = 0,25 \text{ м/с.}$$

3.2.2.2. Вибір системи опалення і вентиляції

Вибір системи опалення проводиться на основі рекомендації БНіП 245-81. Для наших цехів рекомендується прийняти повітряне опалення суміщене з вентиляцією.

3.2.2.3. Визначення повітрообміну в приміщенні

Повітрообмін здійснюється з метою дотримання в повітрі приміщення певної концентрації шкідливих речовин, яка не повинна перевищувати граничних норм, так званих гранично допустимих концентрацій (ГДК)

Повітря з цеху видаляється такими приладами:

- пневмотранспортом, яким видаляють деревні відходи верстатів;
- загальною вентиляцією.

Для приміщень, в яких мають місце шкідливі виділення, які не піддаються кількісному визначенню, повітрообмін розраховують по кратності повітрообміну.

$$G = n \cdot V_{п} \cdot g, \text{ кг/год}$$

де: n – кратність повітрообміну, шт.;

$V_{п}$ – внутрішній об'єм приміщення, м³;

g – густина повітря, кг/м³

$$G_{I} = 2 \cdot 2160 \cdot 1,2 = 5184, \text{ кг/год};$$

$$G_{II} = 2 \cdot 2160 \cdot 1,2 = 5184, \text{ кг/год}$$

3.2.2.4. Визначення витрат тепла

Тепловий баланс у виробничому цеху наступний:

$$Q = Q_{o} + Q_{п} + Q_{н.м.} - Q_{т}, \text{ кДж/год.}$$

де: Q – загальні витрати тепла;

Q_{o} – втрати тепла через будівельні конструкції (огороження);

$Q_{п}$ – витрати тепла на нагрівання повітря, яке видаляється з приміщення;

$Q_{н.м.}$ – витрати тепла на нагрівання матеріалів, устаткування і транспорту, які поступають в приміщення;

Q_T – сума всіх тепловиділень в приміщенні.

$$Q_I = 32508 + 43546 + 134 - 150 - 250 - 15982 = 59806 \text{ ккал/год};$$

$$Q_{II} = 32508 + 43546 + 111 - 1750 - 18881 = 61534 \text{ ккал/год}$$

Втрати тепла через будівельні огороження визначаються за формулою:

$$Q_o = g_o V_o (t_p - t_{з.о}), \text{ ккал/год.}$$

де: g_o – теплова характеристика будинку, ккал/м³.год. град.;

V_o – об'єм будинку по зовнішньому обміру, м³;

t_p – розрахункова температура повітря в приміщенні, град.;

$t_{з.о.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року;

$$Q_{oI} = 0,43 \cdot 2160 \cdot [19 - (-16)] = 32508 \text{ ккал/год};$$

$$Q_{oII} = 0,43 \cdot 2160 \cdot [19 - (-16)] = 32508 \text{ ккал/год};$$

Втрати тепла на нагрівання повітря, яке видаляється з приміщення системою витяжної вентиляції, визначається за формулою:

$$Q_v = 0,24 \cdot G_{II} \cdot (t_{II} - t_{з.в.}), \text{ ккал/год.}$$

де: Q_v – витрати тепла на вентиляцію;

0,24 – теплоємність повітря, ккал/кг. год.;

G_{II} – кількість повітря, яке видаляється з приміщення, кг/год.;

t_{II} – температура повітря, яке видаляється, град.;

$t_{з.в.}$ – розрахована зовнішньо-вентиляційна температура, град.

$$Q_{vI} = 0,24 \cdot 5184 \cdot (19 - (-16)) = 43546 \text{ ккал/год};$$

$$Q_{vII} = 0,24 \cdot 5184 \cdot (19 - (-16)) = 43546 \text{ ккал/год};$$

Витрати тепла на нагрівання матеріалу, який поступає безпосередньо з відкритих, або неопалюваних складів визначаємо за формулою:

$$Q_{н.м.} = G_m \cdot c_m (t_{II} - t_m) V, \text{ ккал/год,}$$

де: G_m – маса матеріалу, який завозиться в цех протягом години, кг;

c_m – теплоємність матеріалу, ккал/кг•град;

t_{II} – температура повітря в приміщенні, град;

t_m – температура матеріалу, який поступає в цех, град;

V – коефіцієнт інтенсивності поглинання тепла матеріалом.

Масу матеріалу, який завозиться в цех протягом години визначаємо за формулою:

$$G_m = \Pi_{\text{год}} \cdot g_m, \text{ кг}$$

де: $\Pi_{\text{год}}$ – потреба цеху в сировині за годину (розрахунок приведено в технологічній частині), м³;

g_m – густина матеріалу, кг/м³

$$G_{mI} = 0,115 \cdot 600 = 69 \text{ кг};$$

$$G_{mII} = 0,095 \cdot 600 = 57 \text{ кг};$$

Витрати тепла на нагрівання матеріалу становитиме:

$$Q_{н.м.I} = 69 \cdot 0,111 (19 - (-6)) \cdot 0,7 = 134 \text{ ккал/год};$$

$$Q_{н.м.II} = 57 \cdot 0,111 (19 - (-6)) \cdot 0,7 = 111 \text{ ккал/год}$$

Суму всіх тепловиділень в приміщенні визначаємо за формулою:

$$Q_T = Q_y + Q_e + Q_l, \text{ ккал/год};$$

де: Q_y – тепловиділення від технологічного устаткування, ккал/год;

Q_e – тепловиділення від електродвигунів, ккал/год;

Q_l – тепловиділення від людей, ккал/год

Тепловиділення від технологічного устаткування визначаємо із технічної характеристики обладнання:

- для автоклава $Q_{yIII} = 150$ ккал/год;
- для сушильної камери $Q_{yIII} = 250$ ккал/год;
- для пресу $Q_{yIV} = 1750$ ккал/год;

Тепловиділення від електродвигунів визначаємо за формулою:

$$Q_e = 860 \Sigma P_B a, \text{ ккал/год.}$$

де: 860 – тепловий еквівалент 1 кВт год.;

a – коефіцієнт, який характеризує відношення середньої фактичної потужності до встановленої ($a = 0,2 \dots 0,25$);

ΣP_B – сумарна встановлена потужність всіх електродвигунів в цеху, кВт.

$$Q_{eI} = 860 \times 0,23 \times 80,8 = 15982, \text{ ккал/год.}$$

$$Q_{eII} = 860 \times 0,23 \times 65,12 = 12881, \text{ ккал/год.}$$

Тепловиділення від людей при спокійній роботі складають 70 ккал/год., при роботі середньої тяжкості – 100 ккал/год, при важкій фізичній роботі – 150 ккал/год. Тепловиділення від людей не враховується, якщо на одного працівника приходиться понад 50 м³ об'єму приміщення. Отже, тепловиділення від людей не враховуються.

3.2.2.5. Визначення витрат пари

Максимальна годинна витрата пари визначається з виразу:

$$G \frac{Q}{i_n - i_{kmax}}, \text{ кг/год}$$

де: Q – загальні витрати тепла цехом, ккал/год.;

i_n – теплоємність пари, ккал/кг.;

i_k – теплоємність конденсату при відповідному тиску пари, ккал/кг.

$$G_{maxI} = \frac{59806}{653,9 - 143,7} = 117,2, \text{ кг/год.}$$

$$G_{maxII} = \frac{61534}{653,9 - 143,7} = 120,6, \text{ кг/год.}$$

Річна втрата тепла складається з витрат в робочий (Q_{pp}) та неробочий (Q_{pn}) час, тобто:

$$Q_p = Q_{pp} + Q_{pn}$$

Річні витрати тепла в робочий час визначаються за формулою:

$$Q_{pp} = k \cdot n \cdot m \cdot Q \frac{t_p - t_{cp}}{t_p - t_{kr}} \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}$$

де: K_p – число робочих днів опалювального сезону;

Q – максимальна годинна витрата тепла в робочий час, ккал/год.;

$\frac{t_p - t_{cp}}{t_p - t_{zo}}$ – коефіцієнт переходу від максимальної годинної витрати до середньої го-

динної витрати за опалювальний сезон в робочий час;

10^{-6} – коефіцієнт переведення ккал в Гкал.

$$Q_{ppI} = 0,857 \times 185 \times 8 \times 59806 \frac{18 - (-0,2)}{19 - (-16)} \cdot 10^{-6} = 41,6, \text{ Гкал/рік.}$$

$$Q_{ppII} = 0,857 \times 185 \times 8 \times 61534 \frac{18 - (-0,2)}{19 - (-16)} \cdot 10^{-6} = 42,8, \text{ Гкал/рік}$$

Річна витрата тепла в неробочий час визначається за формулою:

$$Q_{pn} = (24 \cdot n - k \cdot n \cdot m) \cdot Q_o \cdot \frac{t_{np} - t_{cp}}{t_p - t_{zo}} \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}$$

де: Q_o – максимальна годинна витрата тепла на покриття втрати через огороження;

10^{-6} – коефіцієнт переведення ккал в Гкал;

$\frac{t_{np}-t_{cp}}{t_p-t_{zo}}$ – коефіцієнт переходу від максимальної годинної витрати тепла в неробочий час по середньої годинної витрати за опалювальний сезон в неробочий час.

$$Q_{pнI} = (24 \times 185 - 0,857 \times 185 \times 8) \cdot 32508 \cdot \frac{5-(-0,2)}{19-(-16)} \cdot 10^{-6} = 15, \text{ Гкал/рік};$$

$$Q_{pнII} = (24 \times 185 - 0,857 \times 185 \times 8) \cdot 32508 \cdot \frac{5-(-0,2)}{19-(-16)} \cdot 10^{-6} = 15, \text{ Гкал/рік};$$

Отже річна втрата тепла буде рівна:

$$Q_{pI} = 41,6 + 15 = 56,6, \text{ Гкал/рік};$$

$$Q_{pII} = 42,8 + 15 = 57,8, \text{ Гкал/рік};$$

Річна витрата пари визначається за формулою:

$$G_{pп} = \frac{Q_p}{i_s - i_k} \cdot k_m \cdot 10^3, \text{ т/рік}$$

де: k_m – коефіцієнт, який враховує втрати тепла в трубопроводах.

$$G_{pпI} = \frac{56,6}{653,9-143,7} 1,1 \times 10^3 = 122,0, \text{ т/рік};$$

$$G_{pпII} = \frac{57,8}{653,9-143,7} 1,1 \times 10^3 = 124,6, \text{ т/рік};$$

3.2.2.6. Вибір і розрахунок приладів для опалення і вентиляції

Система повітряного опалення разом з вентиляцією повинна забезпечити подачу тепла Q (ккал/год) і повітря G (кг/год).

$$Q_I = 59806 \text{ ккал/год};$$

$$G_{III} = 2 \cdot 2160 \cdot 1,2 = 5184, \text{ кг/год};$$

$$Q_{II} = 61534 \text{ ккал/год};$$

$$G_{IV} = 2 \cdot 2160 \cdot 1,2 = 5184, \text{ кг/год}$$

Підбір калорифера.

Необхідний живий переріз в калорифері для повітря: $f = \frac{G}{3600 \times V \gamma}, \text{ м}^2$

По економічним обґрунтуванням швидкість повітря приймаємо в межах від 7 до 10 $\text{кг/м}^2 \cdot \text{сек}$.

Приймаємо: $V \gamma = 8 \text{ кг/м}^2 \times \text{сек}$.

$$f_I = \frac{5184}{3600 \times 8} = 0,18, \text{ м}^2$$

$$f_{II} = \frac{5184}{3600 \times 8} = 0,18, \text{ м}^2$$

Вибираємо калорифери моделі КФО №6 – 1 штука. Поверхня нагріву рівна:

$$F_k = 32,55 \text{ м}^2;$$

Сумарне живе січення в калорифері для проходу повітря

$$f_k = 0,222 \text{ м}^2$$

Уточнена вагова швидкість:

$$V \gamma = \frac{7258}{3600 \times 0,222} = 7,8 \text{ кг/м}^2 \times \text{сек}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$K = 10(V \gamma)^{0,42} = 10(7,8)^{0,42} = 22,3 \text{ ккал/м}^2 \times \text{год} \times \text{гр}$$

В якості теплоносія приймаємо насичену пару під тиском 4 атмосфери, з температурою $142,9^\circ\text{C}$. Температура повітря при вході в калорифер:

$$t_{вх} = t_{н} = -16^\circ\text{C}$$

Приріст температури повітря при переході через калорифер визначається:

$$\Delta t = \frac{Q}{0,24 \times G} \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_I = \frac{59806}{0,24 \times 5184} = 47,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{II} = \frac{61534}{0,24 \times 5184} = 49,5^{\circ}\text{C};$$

Температура повітря при виході із калорифера буде:

$$t_{\text{вихI}} = -16 + 47,5 = 31,5^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{вихII}} = -16 + 49,5 = 33,5^{\circ}\text{C}$$

Середня температура повітря при проходженні через калорифер:

$$t_{\text{срI}} = \frac{-16 + 31,5}{2} = 7,8^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{срII}} = \frac{-16 + 33,5}{2} = 8,8^{\circ}\text{C};$$

Тепловіддача калориферів визначається за формулою:

$$Q_k = F_k K (t_r - t_{\text{ср}})$$

$$Q_{kI} = 32,55 \times 22,3 \times (142,9 - 7,8) = 98063 \text{ ккал/год};$$

$$Q_{kII} = 32,55 \times 22,3 \times (142,9 - 8,8) = 97338 \text{ ккал/год};$$

Тепловіддача прийнятих калориферів більша від розрахункової в:

$$\text{- вар. I} \quad 98063/59806 = 1,60 \text{ рази};$$

$$\text{- вар. II} \quad 97338/61534 = 1,58 \text{ рази}$$

Рекомендується, щоб тепловіддача калорифера була більша від розрахункової не менше ніж в 1,15...1,25 рази.

Цей калорифер задовольняє потрібні умови.

Підбір вентилятора

Вся система потрібного опалення представляє собою установку, яка складається із калориферів моделі КФО №6 і вентилятора.

Продуктивність вентилятора визначаємо за формулою:

$$V_v = \frac{G}{\gamma}, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V_{vI} = \frac{5184}{0,22} = 23351 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V_{vII} = \frac{5184}{0,22} = 23351 \text{ м}^3/\text{год};$$

Густина повітря при температурі $25,6^{\circ}\text{C}$ прийнята $\gamma = 1,145 \text{ кг/м}^3$. Густина опору системи складає $H = 110 \text{ кг/м}^2$.

По графіку для вибору вентилятора по $V = 9000 \text{ м}^3/\text{год}$ і $H = 110 \text{ кг/м}^2$ підбираємо вентилятор типу Ц 4-70 №6 з робочою характеристикою 2.

Потужність електродвигуна визначаєvj за формулою:

$$P_{\text{розр}} = \frac{VH}{3600 \times 102 \times \eta_b \times \eta_{\text{пр}}}, \text{ кВт}$$

де: V – продуктивність вентилятора;

102 – коефіцієнт переводу, кгм/сек в кВт;

η_b – коефіцієнт корисної дії вентилятора;

$\eta_{\text{пр}}$ – коефіцієнт корисної дії передачі.

$$P_{\text{розрI}} = \frac{7855 \times 110}{3600 \times 102 \times 0,8 \times 1,0} = 2,94 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розрII}} = \frac{7855 \times 110}{3600 \times 102 \times 0,8 \times 1,0} = 2,94 \text{ кВт};$$

Встановлена потужність електродвигуна:

$$P_{\text{вст}} = \alpha P_{\text{розр}}, \text{ кВт}$$

де: α - коефіцієнт запасу міцності

$$P_{\text{встI}} = 1,15 \times 2,94 = 3,38 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{встII}} = 1,15 \times 2,94 = 3,38 \text{ кВт};$$

У всіх випадках приймаємо електродвигун типу А02-61-4 потужністю 5 кВт.

Додаток 3.7
Таблиця 3.7.

Розрахунок витрат води на технологічні потреби

№ п/п	Назва споживача та мета споживання	Тип, марка споживача	Кількість споживачів	Годинна витрата води, л/год		Річна кіль- кість годин роботи, год	Річна витрата води, м ³
				На оди- ницю	Всього		
1	2	3	4	5	6	7	8
II	Миття клесених валків	KB-9	1	5	5	1980	9,9

Додаток 3.8
Таблиця 3.8.

Розрахунок витрат води на господарсько-побутові потреби

Назва цеху	Кількість працюючих	Норма витрат на одного працівника в зміну, л/зм	Кількість робочих змін в році, змін	Річна витрата води, м ³
1	2	3	4	6
I	7	65	250	113,8
II	6	65	250	97,5