

Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**ПРОЕКТУВАННЯ СТІЙКИ-  
ШТАБЕЛЕТРИМАЧА ДЛЯ СКЛАДУВАННЯ  
КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи М-41  
**Огрєбчук Максим Павлович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
Мартинюк Віктор Леонідович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Пуць Віталій Степанович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *В. Пуць*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Огречуку Максиму Павловичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Проектування стійки-штабелетримача для складування круглих лісоматеріалів»*

Керівник роботи: *к.т.н, доцент Мартинюк Віктор Леонідович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «04» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

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

*Вступ. 1 Оглядова частина. Види продукції лісозаготівлі.*

*Аналіз методів складування лісоматеріалів.*

*2 Проектно- конструкторська частина. Розробка конструкції стійки.*

*Визначення масово-інерційних показників стійки. Визначення сил тиску колод на*

*стійку.Перевірковий розрахунок стійки. 3 Експлуатаційна частина. Технічні вимоги*

*до стійки. Вимоги з охорони праці. Розробка технології навантажувально-*

*розвантажувальних робіт. Пожежна безпека*

*Висновки. Перелік джерел посилання*

5. Перелік графічного матеріалу:

*1.Аналіз методів складування лісоматеріалів – 1 лист ф. А1*

*2. Визначення масово-інерційних показників стійки – 1 лист ф. А1*

*3. Визначення сил тиску колод на стійку – 1 лист ф. А1*

*4. Перевірковий розрахунок стійки – 1 лист ф. А1*

*5. Стійка. Складальний кресленик – 1 листи ф. А1*

*6. Робочі кресленики деталей стійки – 1 лист ф. А1*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «18» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Проектно-конструкторська частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Експлуатаційна частина</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис) (Огребчук М.П.)  
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис) (Мартинюк В.Л.)  
(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Огребчук М.П. Проектування стійки-штабелетримача для складування круглих лісоматеріалів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, переліку джерел посилання, додатків.

У роботі розглянуто способи складування лісоматеріалів, теоретично обґрунтовано несучу здатність стійки, розроблено алгоритм оцінювання її технічного стану, а також висвітлено питання технології вантажно-розвантажувальних робіт та організації складування колод на відкритому майданчику підприємства.

Ключові слова: СТІЙКА, СИЛА ТИСКУ, КОНСТРУКЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ.

## ANNOTATION

Ogrebchuk M.P. Design of a rack-stack holder for storing round timber. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's degree program «Industrial Machinery Engineering» in the specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions and recommendations, a list of references, and appendices.

The study examines methods of timber stacking, provides a theoretical justification of the load-bearing capacity of the support rack, develops an algorithm for assessing its technical condition, and addresses the issues of loading and unloading operations and the organization of log storage at the open yard of the enterprise.

Keywords: RACK, PRESSURE FORCE, STRUCTURE, RELIABILITY, TECHNOLOGICAL EFFICIENCY.

					<i>КРБ 0021.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Огребчук</i>				<i>Проектування стійки- штабелетримача для складування круглих лісоматеріалів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Мартинюк</i>						4	55
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мартинюк</i>					<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Пучь</i>							

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	4
ЗМІСТ .....	5
ВСТУП .....	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА .....	8
1.1 Види продукції лісозаготівлі.....	8
1.2 Аналіз методів складування лісоматеріалів .....	10
2 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	16
2.1 Розробка конструкції стійки.....	16
2.2 Визначення масово-інерційних показників стійки .....	20
2.3 Визначення сил тиску колод на стійку .....	23
2.4 Перевірковий розрахунок стійки .....	27
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА .....	35
3.1 Технічні вимоги до стійки.....	35
3.2 Вимоги з охорони праці .....	37
3.3 Розробка технології навантажувально-розвантажувальних робіт .....	43
3.4 Пожежна безпека .....	48
ВИСНОВКИ .....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	53
ДОДАТКИ .....	55

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ВСТУП

У сучасних умовах інтенсивного розвитку деревообробної промисловості ефективна організація зберігання лісоматеріалів є одним із ключових чинників забезпечення безперервного виробничого процесу. Зважаючи на великий обсяг заготівлі деревини та її транспортування до місць первинної переробки, надзвичайно важливим є питання раціонального складування круглих лісоматеріалів, що дозволяє не лише оптимізувати логістику та знизити втрати деревини, але й забезпечити її збереження в належному технічному стані.

Одним з найбільш поширених способів тимчасового зберігання кругляка на нижніх лісових складах та території деревообробних підприємств є укладання деревини у штабелі. Для підтримання геометричної стабільності штабеля, запобігання скочуванню сортиментів та забезпечення безпеки під час навантаження і розвантаження, використовуються спеціальні опорні елементи – стійки-штабелетримачі. Їхнє конструктивне виконання напряму впливає на міцність, надійність та ергономіку формування штабелів.

Наявні на ринку зразки таких стійок не завжди відповідають сучасним вимогам щодо механічної міцності, мобільності, простоти встановлення та експлуатаційної безпеки. Крім того, більшість типових конструкцій є або надмірно складними й затратними у виготовленні, або ж недостатньо стійкими для штабелів великої висоти чи при зберіганні важкої деревини. Це створює потребу у проектуванні вдосконаленої конструкції штабелетримача, яка б забезпечувала високу надійність, довговічність, технологічність виготовлення та адаптацію до різних типів лісоматеріалів.

Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення ефективності використання площ лісових складів, поліпшення умов зберігання та транспортування круглих лісоматеріалів, а також зниження ризиків травматизму при роботі з великими штабелями.

Об'єкт дослідження: процес складування круглих лісоматеріалів на нижніх складах лісозаготівельних і деревообробних підприємств.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предмет дослідження: конструкція стійки-штабелетримача, її механічні характеристики, стійкість, функціональність та умови експлуатації у реальних виробничих умовах.

Метою роботи є розробка конструкції стійки-штабелетримача, яка забезпечить безпечно та ефективно складування круглих лісоматеріалів з урахуванням вимог до міцності, стабільності та зручності у використанні.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено виконання наступних завдань:

- провести аналіз методів складування круглих лісоматеріалів;
- сформулювати технічні вимоги до штабелетримача;
- розробити конструкторське рішення з урахуванням особливостей експлуатації;
- здійснити розрахунок на міцність основних елементів конструкції;
- виконати креслення та моделювання розробленої стійки.

Таким чином, розробка конструкції стійки-штабелетримача є актуальною з технічної, виробничої та економічної точок зору, оскільки дозволяє підвищити рівень організації зберігання деревини та сприяє впровадженню сучасних технічних рішень у деревообробну галузь.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Види продукції лісозаготівлі

У результаті лісозаготівельної діяльності формується продукція, до якої належить деревна сировина. Цей процес охоплює етапи звалювання дерев, їх первинної обробки, включаючи розкряжовування – поділ стовбура на частини, що утворюють колоди (сортименти) та хлисти [1].

Один із найважливіших етапів лісопромислового циклу, від ефективності якого залежить якість сировини, обсяг корисного виходу продукції, економічні показники підприємства та екологічна безпека регіону – лісозаготівля. Це сукупність технологічних операцій, пов'язаних із рубанням дерев, первинною обробкою та транспортуванням деревини до місця її складування або переробки. Лісозаготівля є базовим елементом лісового господарства і деревопереробної промисловості, забезпечуючи постачання круглих лісоматеріалів для подальшої обробки на лісопильних заводах та сировину для целюлозно-паперової, фанерної, плитної, меблевої промисловості.

Основні етапи лісозаготівлі включають прокладання лісовозних доріг і трелювальних волоків, звалювання дерев (з використанням бензопил або харвестерів), очищення стовбура від гілок, порізка стовбура на сортименти (довжина за призначенням), трелювання (переміщення деревини до проміжного складу), складування та сортування.

Лісоматеріали (рис. 1.1) – це вироби з деревини, отримані шляхом поділу повалених дерев або хлестів уздовж чи поперек. Вони зберігають природну будову деревини та її хімічні властивості, й призначені для подальшого використання або переробки [2].

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 Продукція лісозаготівлі

Колоди – це різновид круглих лісоматеріалів, довжина яких варіюється від 2 до 5,5 метрів з інтервалами по 0,5 м. Мінімальний діаметр становить 8 см, а для розпилювання переважно застосовують колоди діаметром понад 14 см.

Пиломатеріали – це результат розпилювання колод на деталі певних розмірів і форми. Їх вирізняють дві або більше плоскопаралельні поверхні. Класифікація пиломатеріалів проводиться з урахуванням породи деревини, форм поперечного перерізу, особливостей обробки, положення в стовбурі, орієнтації зрізу щодо річних кілець, призначення, розмірів та якості деревини.

Складування круглих лісоматеріалів є одним із ключових елементів у системі організації лісозаготівельного та деревообробного виробництва. Його ефективність безпосередньо впливає на збереження якості сировини, ритмічність технологічного процесу, логістичні витрати, а також безпеку праці. У зв'язку з цим питання оптимізації методів укладки, вибору конструкцій підпирних елементів, способів формування штабелів та умов їх розташування є актуальними для підприємств, що працюють з лісоматеріалами.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними завданнями складування є забезпечення збереження фізико-механічних властивостей деревини. Умови зберігання мають мінімізувати ризики, пов'язані з ураженням грибами, комахами та пліснявою, тріщиноутворенням внаслідок пересихання, втратами від механічних пошкоджень під час укладки або переміщення.

Правильна організація простору дозволяє зменшити зайняту площу, забезпечити проїзди для техніки, створити оптимальну схему навантаження і вивантаження, зменшити час обробки одиниці продукції.

Штабелі повинні бути стійкими, а конструкції – надійними, особливо в умовах дії зовнішніх навантажень (вітер, сніг, дощ). Використання штабелетримачів дозволяє зменшити ризик зсуву або падіння лісоматеріалів.

Уніфікація та механізація операцій складування має передбачати можливість механізованого навантаження та розвантаження з мінімальною участю ручної праці. Це важливо як для великих лісозаготівельних комплексів, так і для середніх деревообробних підприємств.

Важливим чинником є можливість оперативного доступу до потрібної партії деревини без переміщення зайвих об'ємів. В цьому контексті значення має тип укладки (висотна, фронтальна, пакетна), система маркування, просторове планування та розмежування порід, сортів і діаметрів.

Ефективне складування круглих лісоматеріалів є ключовим етапом у ланцюгу деревообробного виробництва, який впливає на збереження якості деревини та безпеку робочих процесів.

## 1.2 Аналіз методів складування лісоматеріалів

Вибір схеми укладки штабелів залежить від породи деревини. Хвойні менш схильні до гниття, тому допускають триваліший термін відкритого зберігання. Листяні породи вимагають кращої вентиляції. Також спосіб укладки має враховувати призначення деревини та кліматичні умови. Баланс між

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидким доступом (для оперативного розпилування) і довготривалим зберіганням (наприклад, для технологічного сушіння чи експортної підготовки). Рівень вологості, температурні коливання, опади визначають необхідність додаткового укриття або формування дренажу.

Для забезпечення надійності штабелів використовують штабелетримачі, які фіксують штабель по довжині та висоті. Вони повинні забезпечити здатність утримувати круглі лісоматеріали в штабелях не зсуваючись відносно бетонної основи, не перекидаючись та не руйнуючись, бути стійкими до корозії та деформацій, витримувати вагу кількох рядів лісоматеріалів.

Удосконалення конструкцій стійок, поєднання їх з навісними елементами, мобільністю та знімними рамами дозволяє пристосувати їх до змінних умов експлуатації.

У промислових умовах зберігання круглих лісоматеріалів зазвичай відбувається на відкритому повітрі в штабелях, тоді як пиломатеріали найчастіше укладаються під навісами для захисту від атмосферних впливів.

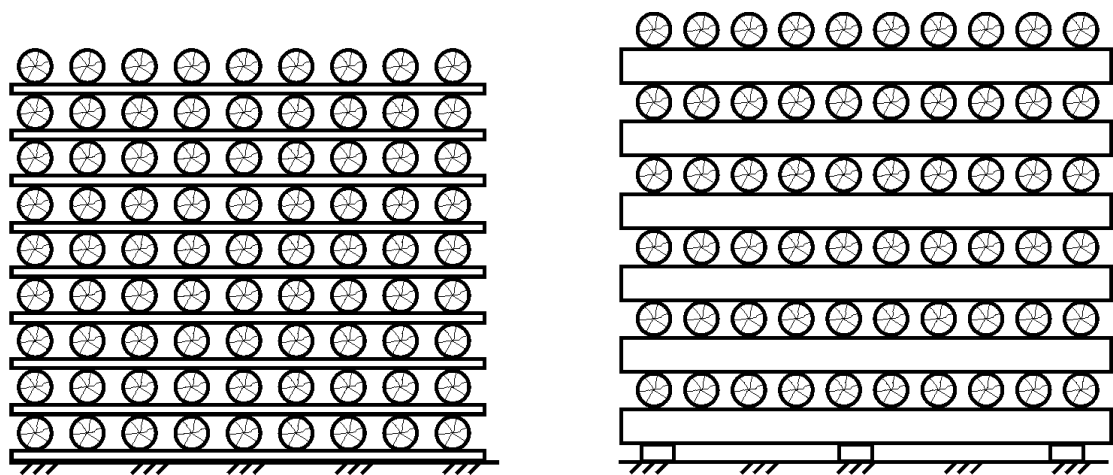
Штабелі формуються на підкладках розміром 250×250 мм. Залежно від умов та наявного обладнання розміри штабелів можуть відрізнятись. Висота укладання вручну не перевищує 2–3 м, а з використанням механізмів може сягати 8–10 м. Довжина штабелів може бути до 100–120 м, а ширина залежить від довжини колод. Мінімальна відстань між окремими штабелями – 1 м, між групами – не менше 10 м. Схеми складування (рис. 1.2) залежать від породи деревини, діаметра, сортування:

Рядкове з прокладками – укладання колод паралельними рядами з прокладенням між ними рейок товщиною 60–80 мм (рис. 1.2, а).

Рядкове без прокладок – подібне до попереднього, але без проміжних елементів, що спрощує процес складування (рис. 1.2, в).

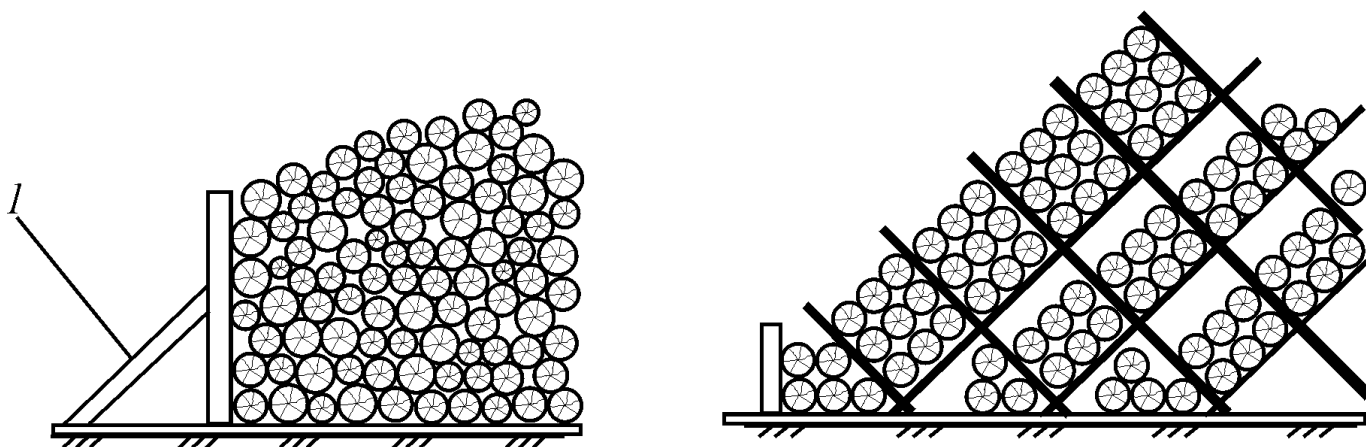
Пакетне складування – формування штабелів у вигляді прямокутних або ромбічних блоків з використанням прокладок (рис. 1.2, г). Основною перевагою є зручність механізованого завантаження, однак недоліком є велика кількість потрібних прокладок.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а

б



в

г

Рисунок 1.2 Способи складування колод: а – рядковий з прокладеннями; б – клітинний; в – рядковий без прокладень; г – пакетний; 1- стійка

Клітинне укладання – кожен наступний шар розміщується перпендикулярно попередньому. Така структура забезпечує стабільність і часто використовується як основа для інших типів штабелів (рис. 1.2, б).

Щоб уникнути розкочування колод із рядкових або пакетних штабелів, використовують спеціальні стійки (рис. 1.2, поз. 1).

Для пиломатеріалів застосовуються такі способи складування (рис. 1.3):

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Рядне (пряме) укладання – розміщення пиломатеріалів шарами з прокладками кожні 1–2 м, товщиною 25–30 мм і шириною 50–75 мм (рис. 1.3, а).

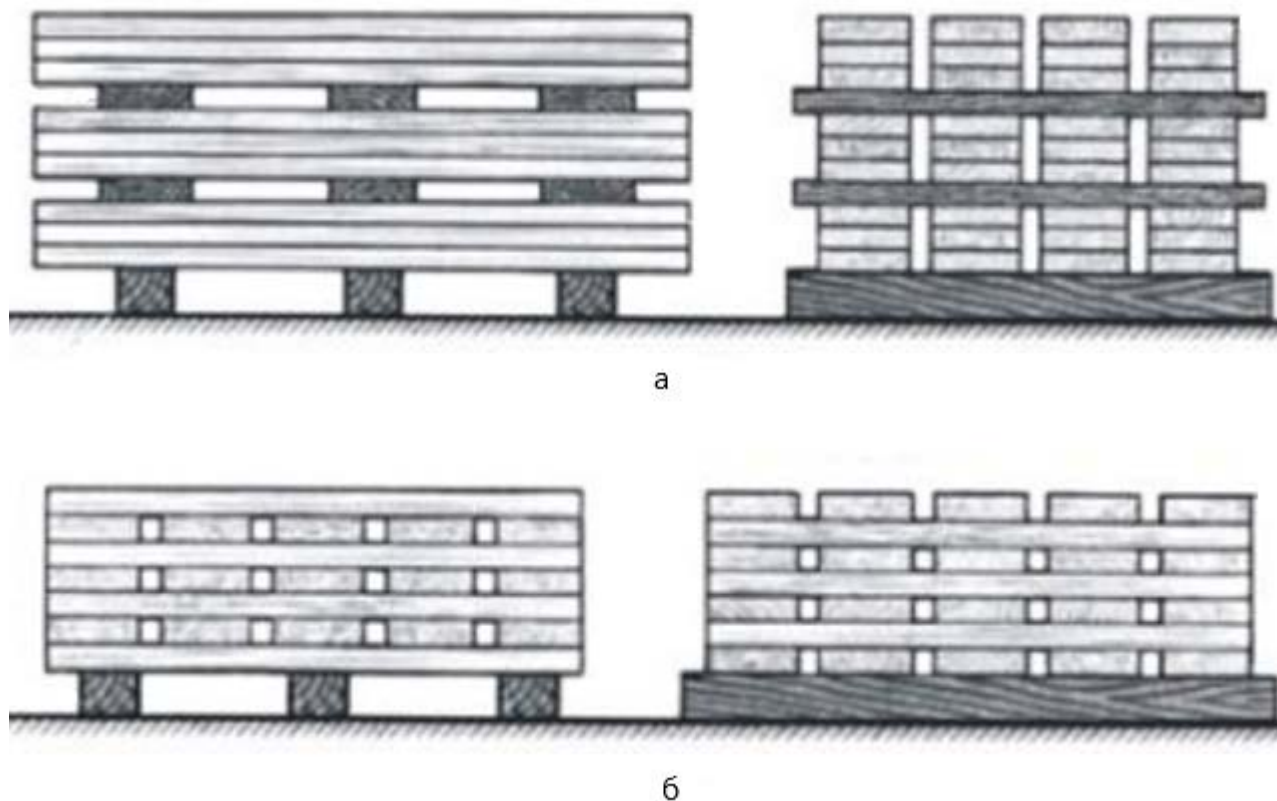


Рисунок 1.3 Способи складування пиломатеріалів: а – рядне укладання;  
б – перехресне укладання

Перехресне (в клітинку) укладання – без прокладок, у шаховому порядку (рис. 1.3, б).

Для забезпечення ефективного провітрювання пиломатеріалів різної вологості передбачено інтервали між рядами: 150 мм для вологих, 100 мм для середньої вологості і 50 мм – для сухих. Максимальна висота штабелів при ручному укладанні – 3 м, а при механізованому – до 8 м. Відстань між штабелями – мінімум 2 м, між групами – не менше 6 м.

На підприємствах колоди можуть зберігатись на відкритих ділянках рядковим способом без прокладок, при цьому використовувати стійки для

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

запобігання їх скочуванню. Саме дослідження міцності таких стійок стало основою даної кваліфікаційної роботи.

Організація укладки лісоматеріалів є важливим фактором, що впливає на ефективність логістичних операцій та рівень виробничих витрат. Вибір типу штабелювання визначається не лише фізичними властивостями деревини, а й особливостями транспортування, завантаження/розвантаження, зберігання та обліку ресурсів на підприємстві.

Одним із ключових критеріїв при виборі схеми укладання є щільність розміщення матеріалу. Наприклад, рядкова укладка без прокладок забезпечує високу місткість складу, що сприяє економії площі та зменшенню витрат на інфраструктуру. Однак цей метод погіршує вентиляцію деревини, що може призвести до підвищення втрат через біологічні ушкодження, особливо за тривалого зберігання.

Натомість рядкова укладка з прокладками забезпечує належну циркуляцію повітря, що знижує ризик виникнення грибкових уражень та полегшує природне сушіння. Такий спосіб є зручним для візуального огляду й обліку матеріалів, але потребує більше часу на укладання та займає більшу площу.

Пакетне складування, яке широко використовується в умовах автоматизованих або напівавтоматизованих складів, забезпечує високу швидкість виконання логістичних операцій завдяки стандартизованим розмірам пакетів і можливості швидкого переміщення за допомогою кранів або вилкових навантажувачів. Водночас збільшується потреба у додаткових елементах (прокладках, кріпленнях), що впливає на собівартість процесу.

Крім того, обраний спосіб укладання має прямий вплив на трудомісткість процесів та рівень механізації. Пакетне і рядкове укладання легко інтегруються в потоки автоматизованого складування, тоді як клітинне частіше використовується для короткочасного зберігання або в умовах ручної праці.

У контексті загальної ефективності, раціональний вибір методу укладки дозволяє скоротити витрати на обслуговування складу, зменшити втрати

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сировини через неякісне зберігання, підвищити оборотність складських запасів, покращити планування логістичних потоків.

З урахуванням тенденцій автоматизації виробничо-складських процесів, пріоритет надається універсальним і механізованим способам укладання – зокрема пакетному, із відповідним доопрацюванням системи підтримки та фіксації штабелів, зокрема стійок-штабелетримачів, які забезпечують стабільність штабелів та безпечність роботи персоналу.

					<i>КРБ 0021.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Розробка конструкції стійки

Стойка-штабелетримач призначена для утримання круглих лісоматеріалів (колод) під час їхнього зберігання у штабелях на відкритих майданчиках лісозаготівельних підприємств, деревообробних заводів, пилорам тощо. Її основне завдання – забезпечення стабільності штабеля, запобігання скочуванню деревини та створення умов для безпечного зберігання та механізованої обробки матеріалу.

Конструкція стійки (рис. 2.1) є зварною металевою рамою, що складається з основних несучих елементів – балок (стрижнів), з'єднаних між собою жорстко за допомогою зварювання. Вона має просторову жорсткість, достатню для утримання великої кількості круглих лісоматеріалів. До складу конструкції входять наступні елементи: балки (стрижні) 1–5 утворюють основу, опори та елементи жорсткості. Виготовляються з сталевих профільних труб прямокутного або квадратного перерізу. Вони забезпечують загальну геометричну форму та жорсткість каркаса. Ребра жорсткості 6 встановлюються у зонах найбільшого навантаження, виконують функцію підсилюючих елементів, запобігаючи деформаціям. Також служать для з'єднання вертикальних та горизонтальних балок під кутом. Заглушки 7 встановлюються на торцях профільних труб для запобігання потраплянню вологи, бруду та сміття всередину порожнистих елементів конструкції. Це підвищує довговічність та знижує ризик корозії.

З'єднання всіх елементів здійснюється зварним способом, що забезпечує високу міцність та монолітність структури. Усі елементи після виготовлення піддаються антикорозійному захисту — поверхня очищається, ґрунтується та фарбується атмосферостійкою фарбою.

Особливості та переваги конструкції: простота виготовлення та обслуговування; висока жорсткість та надійність; можливість серійного

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва для облаштування складів різних масштабів; універсальність конструкції – може бути встановлена як стаціонарно, так і з можливістю демонтажу або переміщення; захист від корозії та зовнішніх впливів завдяки заглушкам і покриттю.

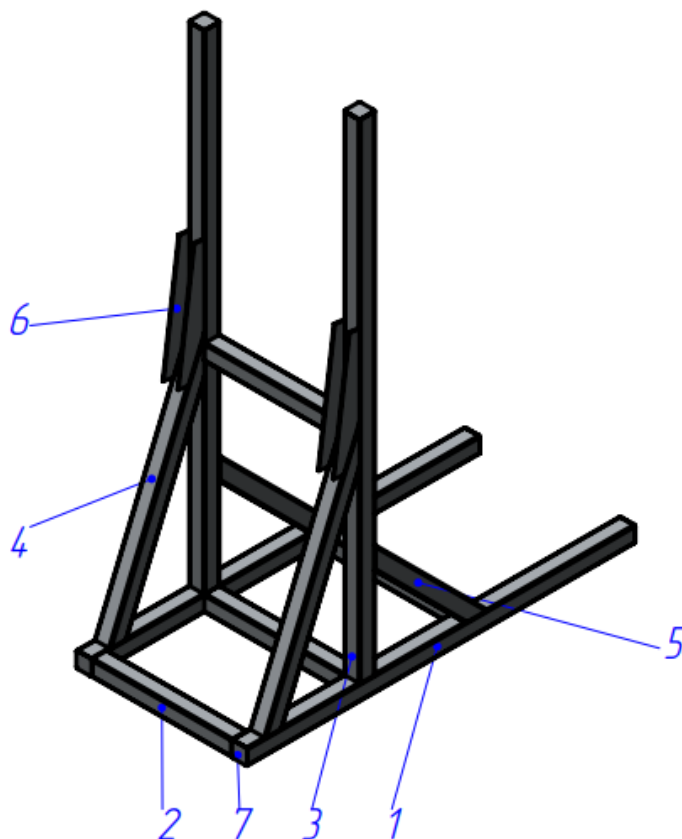


Рисунок 2.1 Конструкція стійки: 1-5 – балки; 6 – ребра; 7 – заглушки

Основним елементом каркаса стійки є зварні балки (стрижні), виготовлені з сталених квадратних труб за стандартом ГОСТ 8639-82. Для даної конструкції використовується труба 140×140×8–20, що забезпечує достатню міцність, жорсткість і стійкість до згинальних та крутильних навантажень, які виникають під час експлуатації.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні характеристики профілю стійки подано на рисунку 2.2.

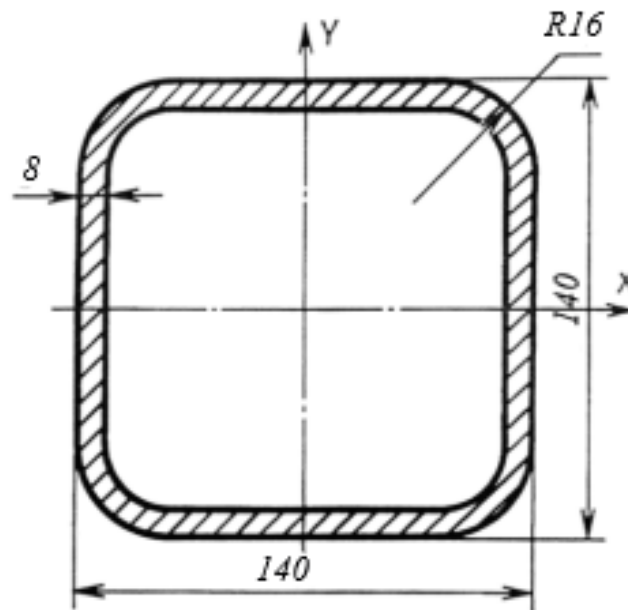


Рисунок 2.2 Геометричні характеристики профілю

Зовнішній розмір профілю,  $a$ : 140 мм.

Товщина стінки,  $s$ : 8 мм.

Радіус заокруглень внутрішніх кутів,  $R$ :  $\leq 18$  мм.

Площа поперечного перерізу,  $A$ : 41,14 см<sup>2</sup>.

Маса 1 погонного метра,  $m$ : 32,29 кг.

Моменти опору:  $W_x = W_y$ : 168,55 см<sup>3</sup>.

Моменти інерції:  $I_x = I_y$ : 1179,83 см<sup>4</sup>.

Матеріал: Сталь 10

Границя текучості:  $\sigma_T = 245\text{--}294$  МПа.

Модуль пружності:  $E \approx 2,1 \times 10^5$  МПа

Питома вага:  $\rho \approx 7850$  кг/м<sup>3</sup>.

Такий профіль має високу жорсткість при мінімальній вазі, що дозволяє витримувати значні навантаження від маси штабелів круглих лісоматеріалів. Крім того, квадратна форма поперечного перерізу з рівними моментами опору в

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обох площинах забезпечує рівномірний розподіл навантажень та мінімізує ризик локальних деформацій.

Для підвищення загальної жорсткості та стійкості конструкції, зокрема протидії боковим навантаженням, застосовуються ребра (рис. 2.3), які зварюються між вертикальними та горизонтальними балками. Спосіб кріплення: зварювання до основних балок.

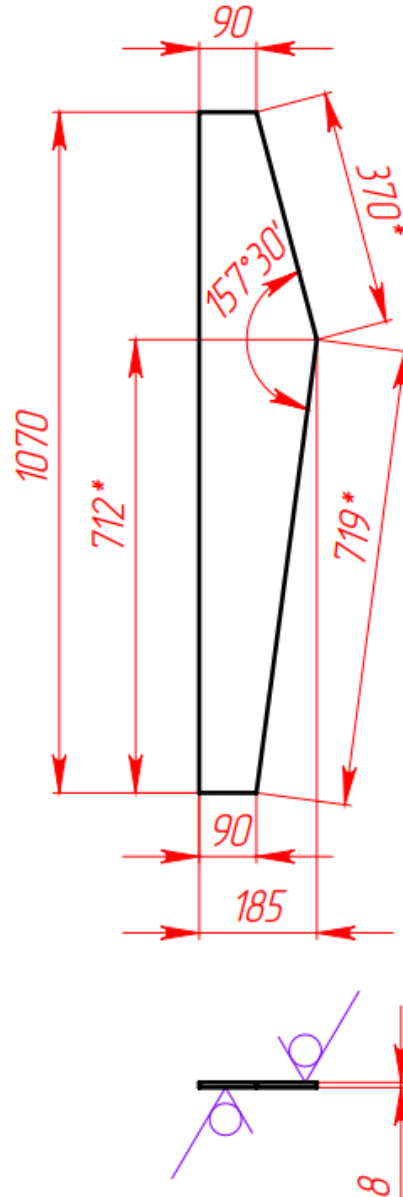


Рисунок 2.3 Стійка

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

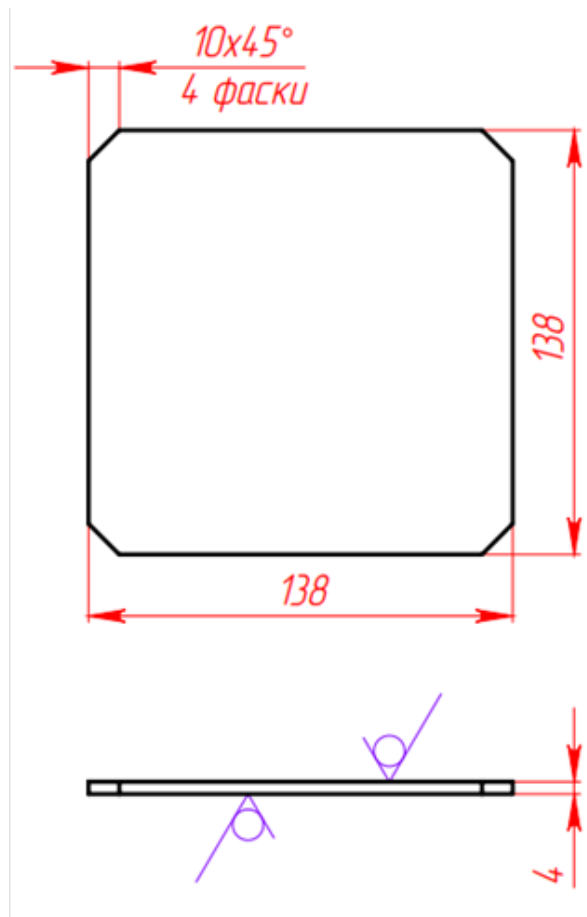


Рисунок 2.4 Заглушка

Ребра виготовляються у вигляді прямокутних пластин зі скошеними краями або фігурних вирізів залежно від навантаження й розрахункової схеми.

Заклушки (рис. 2.4) встановлюються на торцях порожнистих трубчастих балок конструкції з метою запобігання потраплянню вологи, бруду та льоду всередину профілю; зменшення корозійного зносу; підвищення довговічності конструкції. Метод виготовлення: штампування або плазмова різка. Метод фіксації: зварювання або посадка з натягом.

## 2.2 Визначення масово-інерційних показників стійки

Для розрахунку загальної маси стійки необхідно визначити масу кожного її елемента окремо. Загальна маса стійки визначається сумою мас її складових, з урахуванням їх кількості відповідно до специфікації [8-13].

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Розрахунок маси балок (стрижнів)

Маса кожного  $j$ -того стрижня (балки) визначається за формулою:

$$m_j = l_j \cdot m_k, \quad (2.1)$$

де  $l_j$  – довжина  $i$ -того стержня.

Розраховуємо маси балок:

- маса 1 балки  $m_1 = 3,5 \cdot 32,3 = 113,5$  кг.
- маса 2 балки  $m_2 = 1,25 \cdot 32,3 = 40,4$  кг.
- маса 3 балки  $m_3 = 4,4 \cdot 32,3 = 142,1$  кг.
- маса 4 балки  $m_4 = \frac{2,2 + 1,8}{2} \cdot 32,3 = 75,0$  кг.
- маса 5 балки  $m_5 = \frac{1,4 + 1,1}{2} \cdot 32,3 = 40,4$  кг.

Розрахунок маси ребер і заглушок

Маса суцільних елементів (ребер 6 і заглушок 7) визначається за формулою:

$$m_j = \rho \cdot V_k, \quad (2.2)$$

$V_k$  – об'єм елемента, м<sup>3</sup>.

$$\text{Маса 6 ребра } m_6 = \frac{0,185 + 0,09}{2} \cdot 1,07 \cdot 0,008 \cdot 7850 = 9,3 \text{ кг.}$$

$$\text{Маса заглушки } m_7 = 0,14^2 \cdot 1,06 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 0,69 \text{ кг.}$$

Загальна маса стійки визначається сумою добутків маси кожного елемента на його кількість у конструкції:

$$m = \sum_{j=1}^k k_j \cdot m_j, \quad (2.3)$$

де  $k_j$  – кількість елементів.

Тоді за формулою(2.3) маса стійки:

$$m = 2 \cdot 113,5 + 4 \cdot 40,4 + 2 \cdot 142,1 + 2 \cdot 75,0 + 2 \cdot 40,4 + 4 \cdot 9,3 + 6 \cdot 0,69 = 944,9 \text{ кг.}$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення центра ваги стійки.

Оскільки конструкція стійки симетрична у фронтальній площині, визначення центра ваги зводиться до аналізу її фронтальної проєкції.

Для визначення координат центра ваги використано графоаналітичний метод. Геометричні центри мас основних елементів позначені на схематичному зображенні точки  $C_1 - C_7$  (рис. 2.5).

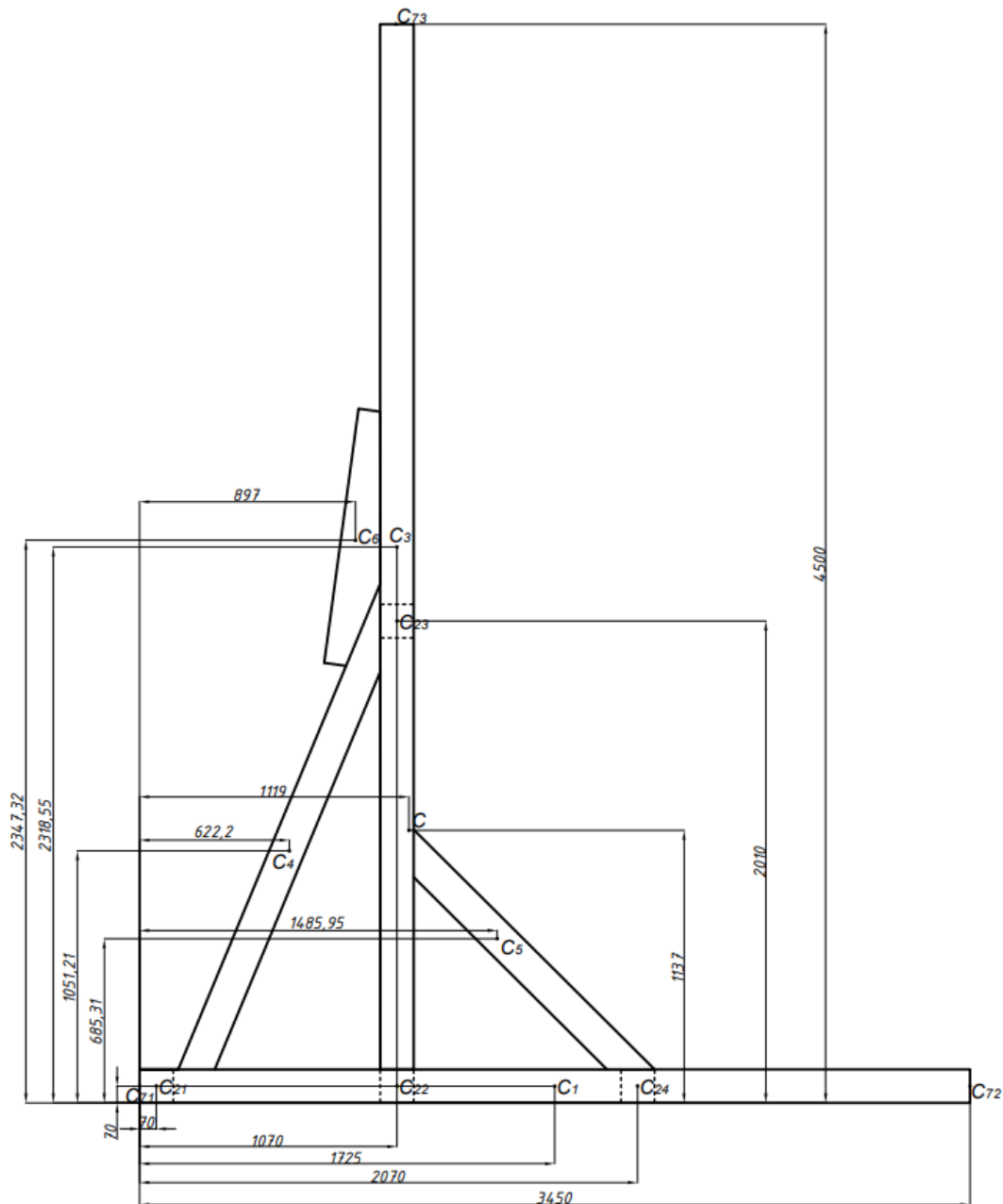


Рисунок 2.5 Визначення центра ваги

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі координати центра ваги всієї стійки визначаються за формулами:

$$x_c = \frac{\sum m_j x_j}{\sum m_j}, \quad y_c = \frac{\sum m_j y_j}{\sum m_j} \quad (2.4)$$

де:  $x_j, y_j$  – координати центра ваги  $i$ -того елемента (визначені графічно з креслення);  $m_j$  – маса  $j$ -того елемента.

Після підстановки координат точок та мас елементів отримаємо

$$x_c = 120 \text{ мм.}$$

$$y_c = 1140 \text{ мм.}$$

Цю точку наносять на відповідне креслення конструкції (рис. 2.5).

### 2.3 Визначення сил тиску колод на стійку

Розрахунок виконується для найбільш навантаженого варіанту укладання круглих лісоматеріалів у штабель. Основні вихідні дані:

Густина деревини сосни при 100% вологості:

$$\rho = 850 \text{ кг/м}^3.$$

Довжина колоди (згідно ТУ):

$$L = 2,0 \text{ м.}$$

Коефіцієнт повнодеревності (щільності укладання):

$$\phi = 0,7.$$

Коефіцієнт тертя дерева по дереву:

$$f = 0,5.$$

Схема дії сил

Для аналізу навантаження умовно поділимо стійку на три ділянки (рис. 2.6):

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

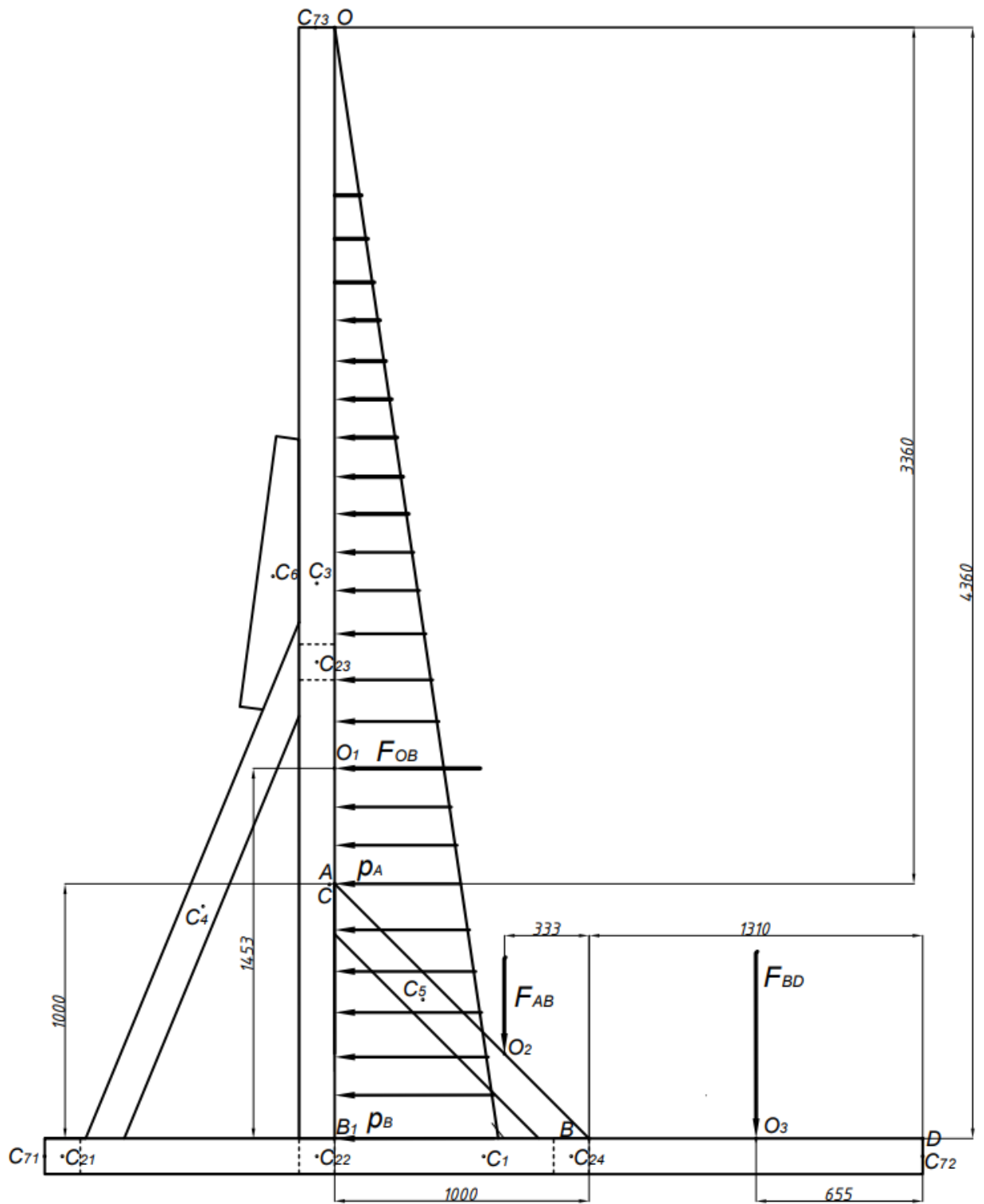


Рисунок 2.6 Сили, що діють на стійку

ОА – нижня частина: дія сили тиску горизонтально (від нижніх колод).

АВ – центральна частина: дія сили тиску під кутом (від похило розташованих колод).

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

BC – верхня частина: дія сили вертикально вниз (від верхніх колод, що лежать зверху).

Об'єм та маса штабеля.

Припустимо, що штабель утворений до висоти  $h=1,6$  м, (висота стійки), а ширина штабеля дорівнює довжині колоди  $L$ .

Об'єм деревини в штабелі (з урахуванням коефіцієнта повнодеревності):

$$V = \phi \cdot h \cdot L = 0,7 \cdot 1,6 \cdot 2,0 = 2,24 \text{ м}^3.$$

Маса деревини:

$$m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 2,24 = 2240 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння від маси штабеля:

$$P = m \cdot g = 2240 \cdot 9,81 = 21934,4 \text{ Н.}$$

Розподіл навантаження на ділянки

Припустимо розподіл навантаження на три ділянки стійки:

Ділянка OA: 30% від загального тиску – горизонтальна сила.

Ділянка AB: 50% – сила під кутом (горизонтальна + вертикальна складова).

Ділянка BC: 20% – вертикальна сила.

Ділянка OA – горизонтальний тиск:

$$P_{OA} = 0,3 \cdot P = 0,3 \cdot 21934,4 = 6580,3 \text{ Н.}$$

Ділянка AB – сила під кутом (наприклад,  $45^\circ$ ):

Повна сила:

$$P_{AB} = 0,5 \cdot P = 10967,2 \text{ Н.}$$

Горизонтальна складова:

$$P_{AB}^{гор} = P_{AB} \cdot \cos 45^\circ = 10967,2 \cdot 0,707 = 7756,2 \text{ Н.}$$

Вертикальна складова:

$$P_{AB}^{вер} = P_{AB} \cdot \sin 45^\circ = 10967,2 \cdot 0,707 = 7756,2 \text{ Н.}$$

Ділянка BC – вертикальний тиск:

$$P_{BC} = 0,2 \cdot P = 0,2 \cdot 21934,4 = 4386,9 \text{ Н.}$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На ділянках ОА та АВ визначимо горизонтальні складові тиску деревини.  
Тиск у кожній точці залежить від глибини шару деревини над точкою контакту.

У точці О:

$$P_o = 0 \text{ Па.}$$

У точці А:

$$p_A = \rho_C g l_{OA} \frac{L}{2a} \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\operatorname{arctg}(f)}{2} \right) =$$

$$= 520 \cdot 9,8 \cdot 3,36 \frac{2}{2 \cdot 0,14} \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\operatorname{arctg}(0,25)}{2} \right) = 78200 \text{ Па.}$$

У точці В:

$$p_B = \rho_C g l_{OB_1} \frac{L}{2a} \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\operatorname{arctg}(f)}{2} \right) =$$

$$= 520 \times 9,8 \times 4,36 \frac{2}{2 \times 0,14} \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\operatorname{arctg}(0,25)}{2} \right) = 101750 \text{ Па.}$$

Будуємо епюру сил тиску (рис. 2.6). Сила тиску матеріалів на стрижні 3 (об'єм епюри):

$$F_{OB} = p_B \cdot l_{OB_1} \cdot a = 101750 \cdot 4,4 \cdot 0,14 = 62850 \text{ Н.} \quad (2.5)$$

Визначаємо сили тиску деревини на ділянках АВ та ВС:

$$F_{AB} = k \cdot \rho_C \cdot g \cdot L \cdot \frac{l_{OB_1} + l_{OA}}{2} \cdot l_{BB_1} =$$

$$= 0,65 \cdot 850 \cdot 9,8 \cdot 2 \cdot \frac{4,4 + 3,35}{2} \cdot 1 = 42150 \text{ Н.} \quad (2.6)$$

$$F_{BC} = k \cdot \rho_C \cdot g \cdot L \cdot l_{OB_1} \cdot l_{BC} =$$

$$= 0,65 \cdot 850 \cdot 9,8 \cdot 2 \cdot 4,4 \cdot 1,3 = 62120 \text{ Н.} \quad (2.7)$$

Точки прикладання сил.

Сила  $F_{OB}$  :

$$l_{O_1B_1} = \frac{l_{OB_1}}{3} = \frac{4,4}{3} = 1,47 \text{ м.} \quad (2.8)$$

Сила  $F_{AB}$  :

$$l_{O_2B} = \frac{l_{BB_1}}{3} = \frac{1}{3} = 0,333 \text{ м.} \quad (2.9)$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила  $F_{BD}$  :

$$l_{O_3B} = \frac{l_{BD}}{2} = \frac{1,3}{2} = 0,65 \text{ м.} \quad (2.10)$$

## 2.4 Перевірковий розрахунок стійки

Перевірковий розрахунок стійки здійснюємо за умовами здатності стійки утримувати колоди в штабелях не перекидаючись не зсуваючись відносно бетонної основи, та не втрачаючи міцності.

Несуча здатність стійки полягає в її можливості надійно утримувати укладені в штабель колоди, не допускаючи їхнього зсуву, перекидання чи деформації самої конструкції в процесі експлуатації.

Розглянемо оцінку опору стійки до зсуву по бетонній основі (рис. 2.7). Такий зсув виникає внаслідок дії горизонтальної складової сили тиску, що створюється масою деревини, яка спирається на стійку.

Протидію цьому зсуву забезпечує сила тертя ковзання, яка виникає на межі контакту між нижньою частиною стійки та поверхнею бетонної площадки. Цю силу можна визначити згідно з [10–15]:

$$F_T = \mu \cdot N, \quad (2.11)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання, який для приймаємо поверхонь сталь-бетон  $\mu = 0,3$ .

$N$  – сила реакції основи.

Сила реакції основи:

$$N = mg + F_{AB} + F_{BD} = 944,9 \cdot 9,8 + 42150 + 62120 = 113530 \text{ Н.} \quad (2.12)$$

Сила тертя:

$$F_T = 0,3 \cdot 113530 = 33759 \text{ Н.}$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

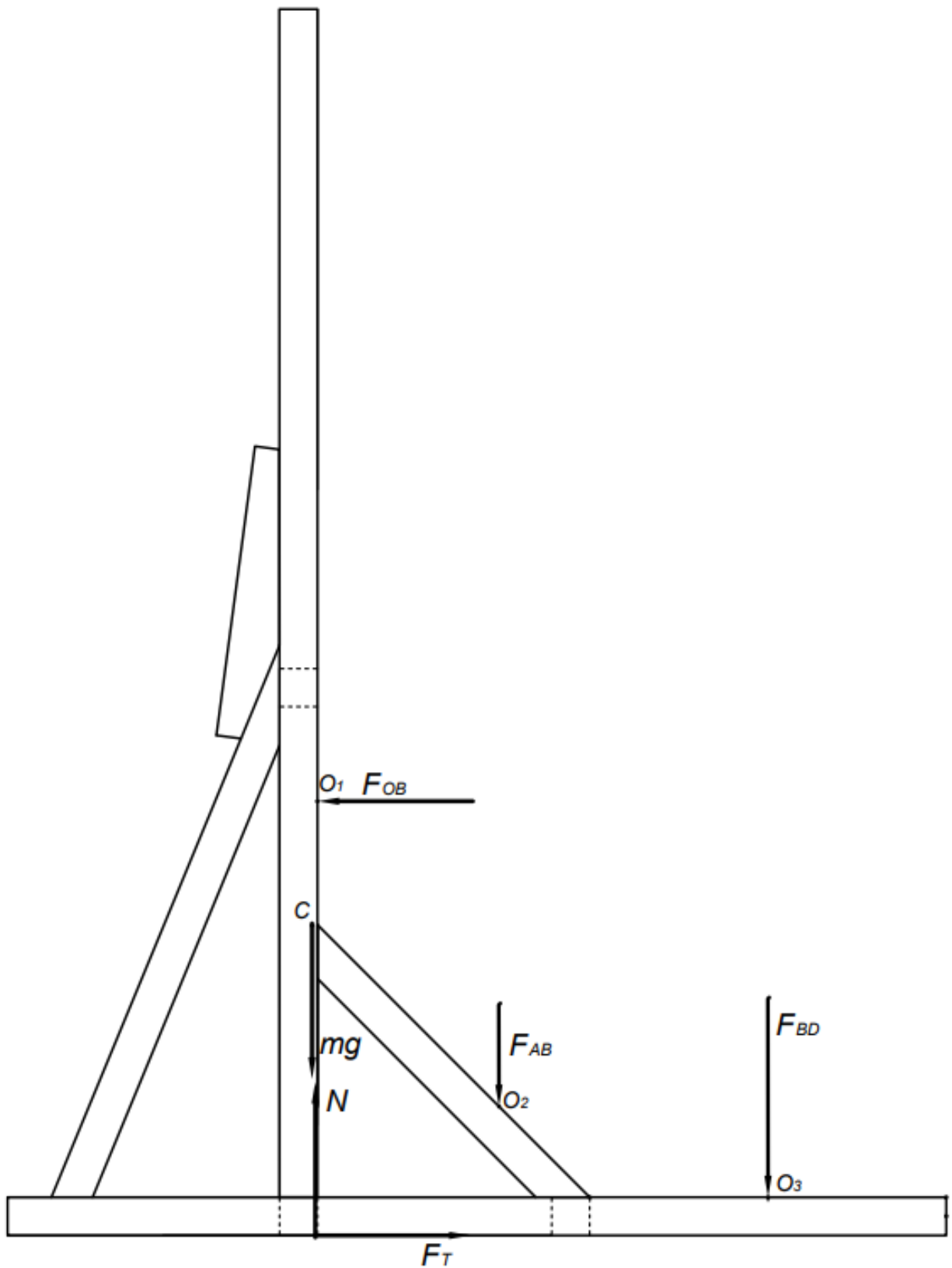


Рисунок 2.7 Розрахунок на зсув

Визначаємо значення коефіцієнта стійкості на зсув:

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$K_z = \frac{F_T}{F_{OB}} = \frac{33759}{62850} = 0,537. \quad (2.13)$$

Аналіз показує, що при заданих конструктивних параметрах стійка не забезпечує стійкість проти зсуву по бетонній основі. Варто зауважити, що розрахунок виконано для найгіршого випадку навантаження, тож у реальних умовах навантаження можуть бути меншими, що відповідно знижує ризик зсуву, і стійка здатна утримувати колоди без порушення положення.

Проте для підвищення надійності конструкції рекомендується закріплювати стійку до бетонної основи, щоб виключити можливість її ковзання. Крім того, підвищити опірність стійки до зсуву можна за рахунок подовження стрижнів 1, зокрема в тій частині, яка контактує з колодами (відрізки BD).

Наступним кроком є оцінка стійкості стійки до перекидання, яку виконуємо відповідно до схеми, поданої на рис. 2.8.

Утримуючий момент у цьому випадку розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} M_Y &= m \cdot g \cdot 1,12 + F_{AB} \cdot 1,8 + F_{BD} \cdot 2,8 = \\ &= 944,9 \cdot 9,8 \cdot 1,12 + 42150 \cdot 1,8 + 62120 \cdot 2,8 = 260177 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Визначаємо значення моменту перекидання:

$$M_P = F_{OB} \cdot 2,737 = 62850 \cdot 2,737 = 172020 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.15)$$

Визначаємо значення коефіцієнту стійкості стійки:

$$K_P = \frac{M_Y}{M_P} = \frac{260177}{172020} = 1,512. \quad (2.16)$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

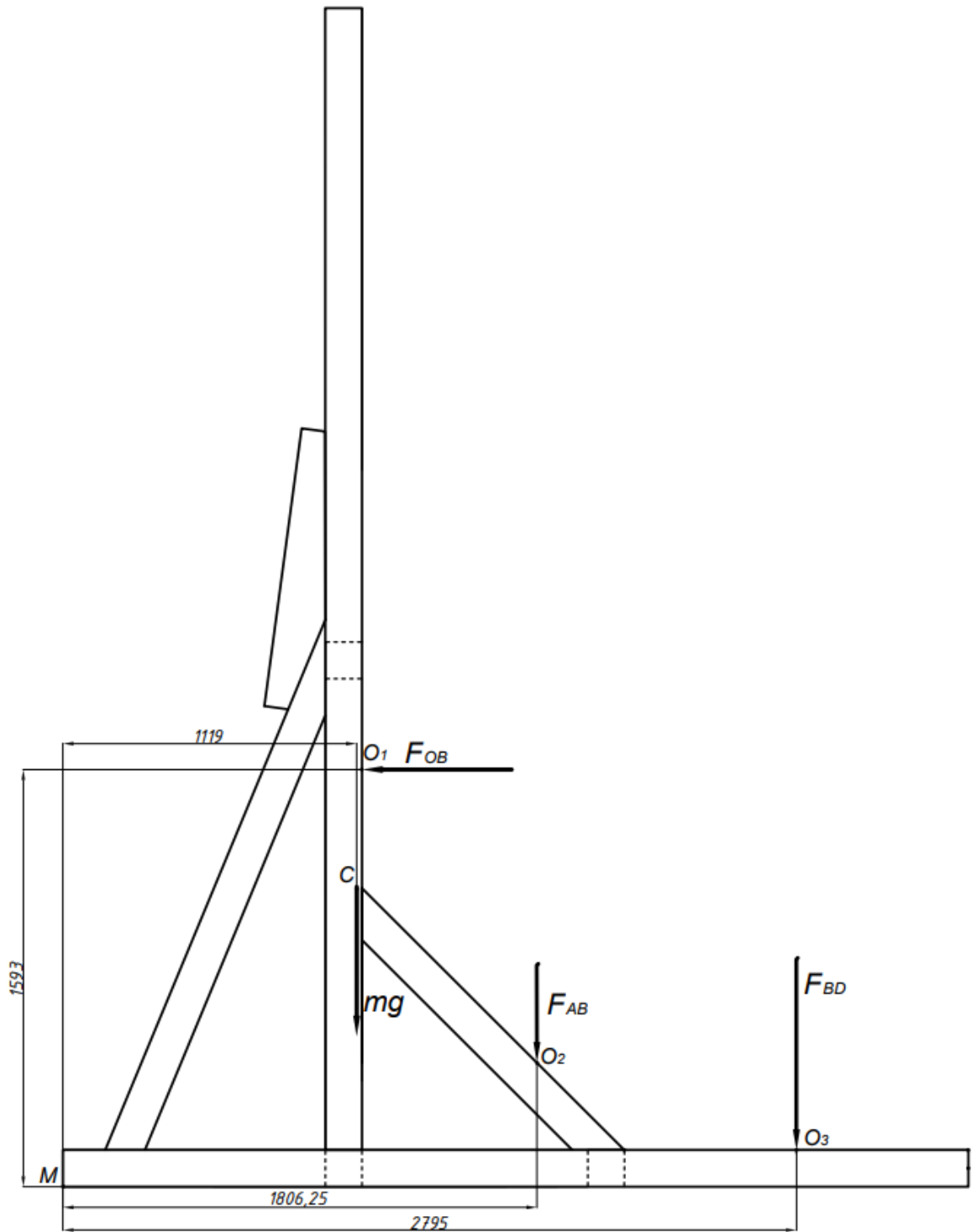


Рисунок 2.8 Розрахунок на перекидання

Проведений розрахунок показав, що конструкція стійки має достатній запас стійкості проти перекидання, що свідчить про її надійність під час експлуатації та здатність ефективно утримувати колоди в штабелі без ризику втрати рівноваги.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Для оцінки міцності конструкції виконаємо спрощений розрахунок стійки. Оскільки повна конструкція є статично невизначеною системою, що ускладнює розрахунки, приймемо спрощену модель. У межах цього підходу виключаємо зі схеми елементи 4, 5 та 6, отримуючи розрахункову модель у вигляді статично визначеної системи (рис. 2.8), яка сприймає навантаження у вигляді рівномірно розподіленого тиску від штабеля пиломатеріалів.

Слід зазначити, що повна конструкція зі зв'язками має вищу надійність завдяки своїй статично невизначеній природі. Таким чином, якщо міцність елементів забезпечується для спрощеної моделі, то тим більше вона буде дотримана для реальної конструкції, яка має додаткові елементи жорсткості.

У спрощеній схемі замінюємо дії в'язей у точках А, В<sub>1</sub> реакціями опор, а розрахунок виконуємо для одного з вертикальних стрижнів (елемент 3), який сприймає навантаження рівномірно. Відповідно, сила, що діє на один вертикальний стрижень у точці О, дорівнює:

$$F'_{OB} = \frac{F_{OB}}{2} = \frac{62850}{2} = 31425 \text{ Н.} \quad (2.17)$$

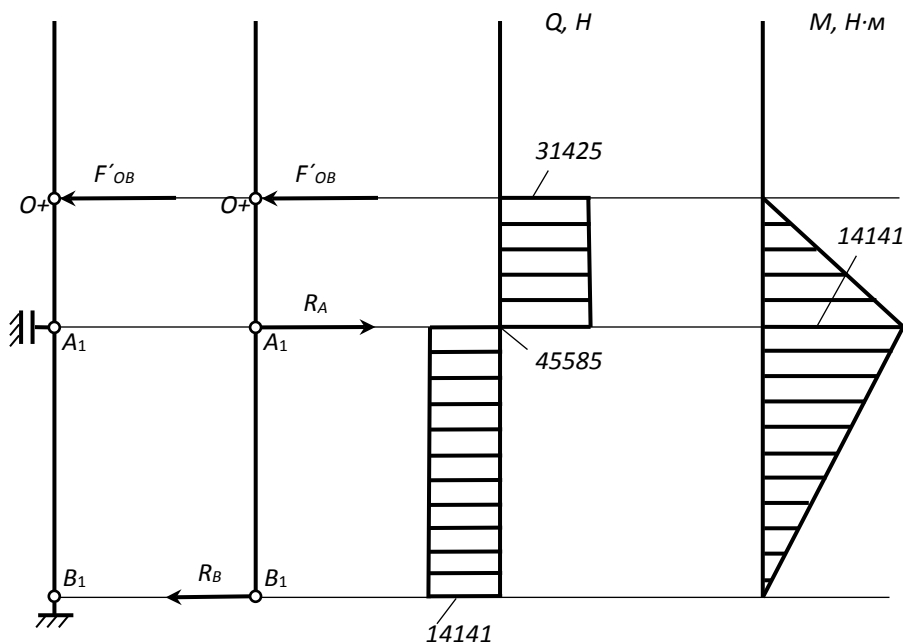


Рисунок 2.9 Розрахунок на міцність

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк. 31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо реакції у відповідних точках:

$$R_A = \frac{F'_{OB} \cdot l_{O_1B_1}}{l_{AB_1}} = \frac{31425 \cdot 1,45}{1} = 45566 \text{ Н.} \quad (2.18)$$

$$R_{B_1} = \frac{F'_{OB} \cdot l_{O_1A}}{l_{AB_1}} = \frac{31425 \cdot 0,45}{1} = 14141 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

На основі спрощеної розрахункової схеми (рис. 2.9) побудуємо епюри поперечних сил і згинальних моментів, які виникають у вертикальному елементі стійки під дією розподіленого навантаження від штабеля пиломатеріалів.

Аналізуючи отримані епюри, можна встановити, що найбільш напруженим є переріз у точці *A*. У цій точці спостерігається максимум згинального моменту, що робить її критичною з погляду перевірки міцності елемента. Саме в цьому перерізі виникають найбільші нормальні напруження згину, які потрібно порівняти з допустимими значеннями для обраного матеріалу. Максимальний згинальний момент в точці *A*:

$$M_Z = F'_{OB_1} \cdot l_{O_1A} = 31425 \cdot 0,45 = 14141 \text{ Н·м.} \quad (2.20)$$

Приймаємо профіль стійки – труба 140×140×8- 20 ГОСТ 8639-82.

Максимальне напруження згину в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{Z_{max}} = \frac{M_Z}{W} = \frac{14141}{168,55 \cdot 10^{-6}} = 83,9 \text{ МПа.} \quad (2.21)$$

Допустиме напруження згину:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{216 \cdot 10^6}{2} = 108 \text{ МПа,} \quad (2.22)$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $[s]$  – коефіцієнт запасу міцності, який прийmemo  $[s] = 2$ .

Умова міцності при згині  $\sigma \leq [\sigma]$  забезпечується, так як  $83,9 < 108 \text{ МПа}$ .

Аналіз розрахунків показав, що обраний профіль стрижнів конструкції має значний запас міцності. Це свідчить про можливість оптимізації конструкції шляхом заміни на профіль із меншим поперечним перерізом. Такий підхід дозволить зменшити масу стійки, знизити витрати матеріалу та спростити виготовлення без шкоди для її надійності та функціональності.

Розрахунок зварного з'єднання на дію зусилля в перерізі  $B_1$ .

Щоб оцінити міцність зварного з'єднання, проведемо аналіз у характерному перерізі, де діє розрахункове зусилля величиною  $R_{B_1} = 14414 \text{ Н}$ . Конструкція з'єднання передбачає виконання двох лобових кутових зварних швів та двох флангових стикових швів.

У такому випадку напруження в зварних швах розраховуються за стандартними формулами для комбінованого навантаження. Напруження зсуву в кутових швах визначаються як:

$$\tau = \frac{F}{\sum A_{шв}}. \quad (2.23)$$

де  $A_{шв}$  – приведена площа всіх зварних швів у перерізі, що працює на зріз. У разі комбінованих швів (кутових і флангових), сумарну площу враховують як суму ефективних довжин і товщин швів з урахуванням коефіцієнтів форми.

Далі визначаємо фактичні напруження і порівнюємо їх з допустимими значеннями для обраного типу зварного з'єднання та марки зварювального матеріалу. Це дозволить зробити висновок про відповідність зварного з'єднання умовам міцності.

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{R_{B_1}}{0,28 \cdot 0,7 \cdot k \cdot a + 1,5 \cdot s \cdot a} = \\ &= \frac{14141}{0,28 \cdot 0,7 \cdot 0,008 \cdot 0,14 + 1,5 \cdot 0,008 \cdot 0,14} = 7,44 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме напруження для зварного з'єднання:

$$[\tau] = 0,2 \cdot \sigma_T = 0,2 \cdot 216 \cdot 10^6 = 43 \text{ МПа}.$$

Розрахунки показали, що умова міцності для зварного з'єднання у досліджуваному перерізі виконується, оскільки розрахункове напруження не перевищує допустимого значення  $\tau \leq [\tau]$ . Це свідчить про те, що з'єднання має значний запас міцності.

Отже, конструкція зварного з'єднання є надійною при заданих навантаженнях. Крім того, наявність резерву міцності дозволяє розглядати можливість застосування профільних труб зменшеного поперечного перерізу без втрати експлуатаційної надійності стійки.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Технічні вимоги до стійки

Стойка є зварною конструкцією, виготовленою з профільованого металопрокату, яка призначена для утримування колод у штабелях на відкритих майданчиках складу лісоматеріалів в умовах різного температурного режиму.

Устаткування та пристрої, виготовлені та модернізовані на підприємствах, повинні відповідати вимогам проектної документації, що пройшла державну експертизу згідно з вимогами «Положення про порядок проведення державної експертизи проектної документації на будівництво та реконструкцію виробничих об'єктів і виготовлення засобів виробництва» [19], а також чинним нормативно-правовим актам з охорони праці (зокрема ДНАОП 0.00-4.20-94), затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 23.06.94 № 431, відповідно до п. 2.1.15 «Правил охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості».

Як елемент технологічного обладнання, стойка повинна забезпечувати надійну роботу та зберігати технічну справність протягом усього терміну експлуатації.

Контроль технічного стану стійки є обов'язковою регламентною процедурою, що проводиться з метою перевірки її працездатності, довговічності та безпечності експлуатації за прямим призначенням.

Оцінювання технічного стану виконується на основі результатів технічного огляду, під час якого встановлюється рівень зношення металоконструкцій, наявність пошкоджень і дефектів. У разі потреби додатково проводяться розрахунки на несучу здатність елементів конструкції.

Огляд стійки виконується відповідно до визначеної методики, що регламентує послідовність і правила здійснення обстеження. Основною метою є своєчасне виявлення пошкоджень або дефектів конструкції, що можуть

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вплинути на її експлуатаційні характеристики, а також встановлення її фактичного технічного стану.

Періодичні огляди повинні проводитися не рідше одного разу на три місяці, згідно з п. 2.1.14 «Правил охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості». Крім того, незалежно від планового графіка, позапланові огляди виконуються при кожному встановленні стійки для формування нового штабеля або у разі її пошкодження під час вантажно-розвантажувальних операцій.

Огляд здійснюється спеціально уповноваженими працівниками підприємства, призначеними відповідним наказом, а також представниками підрядних організацій, які мають дозвіл на виконання ремонтних робіт.

Основним методом діагностики є візуальний контроль, який дозволяє виявити тріщини, деформації, пошкодження зварних швів, корозійні ураження тощо. Якщо візуального огляду недостатньо, виконуються інструментальні вимірювання із застосуванням рулеток, рівнів, штангенциркулів, шаблонів та інших вимірювальних пристроїв.

Інструментальні дослідження включають:

- визначення геометричних параметрів елементів;
- фіксацію деформацій, зсувів, перекосів та прогинів;
- вимірювання залишкових відхилень від проектних положень;
- аналіз корозійних пошкоджень із зазначенням їх виду та впливу на міцність конструкції.

Всі виявлені дефекти класифікуються на:

- виробничі (відхилення матеріалу або виготовлення від проектних вимог);
- експлуатаційні (отримані під час використання).

До типових дефектів належать:

- тріщини в елементах;
- пошкодження зварних швів (підрізи, пропали, пори, включення шлаку);
- невідповідність геометричних параметрів;

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– механічні пошкодження (вм'ятини, викривлення).

За рівнем небезпеки дефекти поділяються на три категорії:

1. Критичні — створюють загрозу руйнування конструкції;

2. Середньої тяжкості — не є небезпечними на момент виявлення, але можуть призвести до погіршення стану;

3. Мінімальні — не впливають на загальну безпечність конструкції.

Корозійні ураження визначаються як відсоток пошкодженої площі поверхні. Наявність тріщин часто виявляється за допомогою непрямих ознак: іржа, лущення захисного покриття, зміни кольору металу.

За результатами обстеження стійки класифікуються на три технічні стани:

Придатна до експлуатації – не виявлено небезпечних дефектів;

Така, що потребує ремонту – виявлено пошкодження, які можна усунути;

Непридатна (аварійна) – виявлено критичні дефекти, що унеможливають подальшу експлуатацію.

У разі виявлення пошкоджень, що знижують несучу здатність, проводиться додаткове обстеження з метою уточнення характеру дефекту та визначення придатності елемента до подальшої експлуатації.

Стойки з недопустимими ушкодженнями – поламаними елементами, тріщинами, значною корозією, залишковими деформаціями або руйнуванням зварних швів — підлягають вилученню з експлуатації.

### 3.2 Вимоги з охорони праці

Усі роботи з огляду та технічного обстеження стійок повинні виконуватись із суворим дотриманням чинних нормативно-правових актів з охорони праці. Безпека працівників під час виконання таких робіт є пріоритетом на всіх етапах огляду.

Перед початком робіт обов'язково визначаються безпечні методи та засоби доступу до конструкції стійки. Встановлюються межі безпечних зон, у яких

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяється виконання огляду. У випадках, коли в зоні огляду присутні небезпечні виробничі фактори, ця територія повинна бути чітко позначена попереджувальними знаками безпеки згідно з вимогами стандартів.

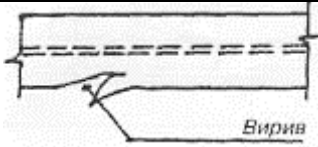
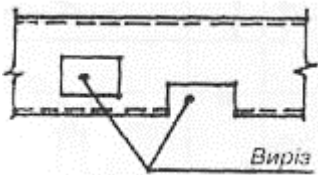
Працівники, які залучені до огляду, повинні бути забезпечені та зобов'язані використовувати відповідні засоби індивідуального захисту (каски, рукавиці, запобіжні пояси, захисне взуття тощо), а також спецодяг, що відповідає умовам виконання робіт.

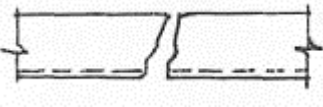
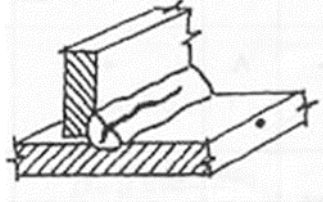
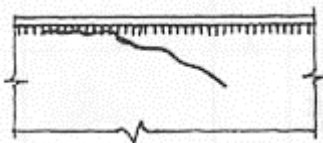
Якщо огляд виконується групою осіб (дві чи більше особи), необхідно забезпечити постійний візуальний контакт між членами бригади. Їх дії мають бути узгодженими, з чітким розподілом обов'язків і підтримкою зв'язку протягом усього періоду огляду.

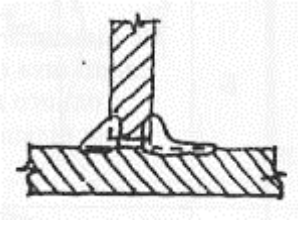
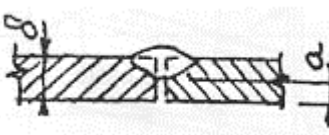
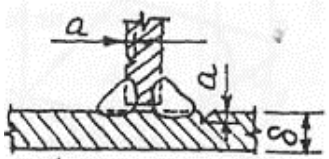

Переважає більшість дефектів виникає в нижній частині конструкції, тому візуальний контроль рекомендується розпочинати з рівня основи стійки. У випадках, коли необхідно оглянути верхні елементи конструкції, допускається використання лише надійних і перевірених засобів доступу (драбини, пересувні вишки, підйомники), що відповідають технічним і безпековим вимогам.

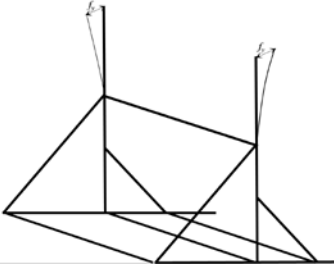
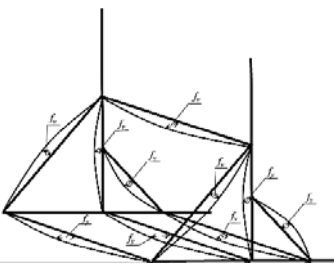
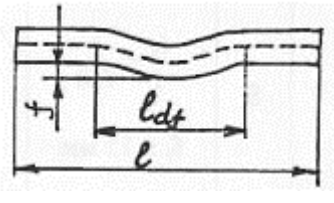
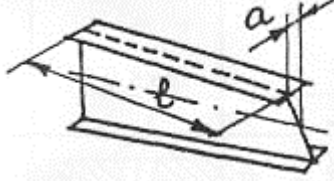
Дефекти, їх тип, особливості та місце виявлення узагальнено в таблиці 3.

Таблиця 3.1 Дефекти стійки

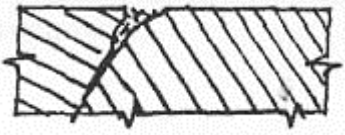
Назва дефекту	Вигляд	Значення параметрів під час оцінки технічного стану	
		припустимий	не припустимий
Вирив в елементі конструкції стійки			не припустимий
Виріз в елементі конструкції стійки			не припустимий

Відколи і зломи у підшві стійки			не припустимий
Розрив елемента стійки			не припустимий
Відсутність елемента стійки	—		не припустимий
Тріщина у тілі листової деталі (ребра)			не припустимий
Тріщина в основному металі елемента конструкції			не припустимий
Поздовжня тріщина у зварному шві			не припустимий
Розшарування металу	—		не припустимий
Поперечна тріщина у зварному шві			не припустимий
Поздовжня тріщина у зварному шві з виходом на основний метал			не припустимий

Напливи при зварюванні		доцільність усунення дефекту визначається з урахуванням фактичних розмірів шва	
Розмір катета кутового або переріз стикового зварного шва не відповідають кресленню	-		не припустимий
Неповний провар у корені шва або відсутність зварювання кореня шва		$a \leq 1,5$ мм при $\delta = 8$ мм	$a > 1,5$ мм при $\delta = 8$ мм
Підрізи основного металу		$a \leq 1$ мм при $\delta = 8$ мм	$a > 1$ мм при $\delta = 8$ мм
Різкі переходи від основного до наплавленого металу, напливи, звуження, кратери і перерви швів	-		не припустимий
Окремі шлакові включення або пори		$a \leq 1$ мм	$a > 1$ мм
Пропали зварного шва	-		не припустимий

<p>Загальний вигин або вигин окремого елемента у/із площини конструкції, що закріплений консольно</p>		<p><math>\frac{f_y}{l} \leq \frac{1}{150}</math> де <math>l</math> – довжина елемента конструкції  <math>f_y \leq 20</math> мм для елементів, вигини яких позначення на рисунку</p>	
<p>Загальний вигин або вигин окремого елемента у/із площини конструкції, що закріплений на кінцях</p>		<p><math>\frac{f_y}{l} \leq \frac{1}{120}</math> де <math>l</math> – довжина елемента конструкції  <math>f_y \leq 10</math> мм для елементів, вигини яких позначення на рисунку</p>	
<p>Погнутість елемента</p>		<p><math>f \leq \frac{l_{df}}{750}</math> де <math>l_{df}</math> – довжина дефектаконструкції</p>	
<p>Гвинтоподібність елемента конструкції стійки</p>		<p><math>\frac{a}{l} \leq 0,01</math> де <math>l</math> довжина елемента</p>	



Корозійне розтріскування			не припустимий
Місцеві спучування і відшарування фарби, тріщини у ній до поверхні металу	–	до 20 % площі	
Розвиток під шаром фарби вогнищ корозії і виникнення іржі на поверхні	–		не припустимий
Руйнування і вивітрювання шару фарби до шару ґрунту	–	до 20 % площі	

### 3.3 Розробка технології навантажувально-розвантажувальних робіт

Вантажно-розвантажувальні процеси охоплюють комплекс операцій з переміщення вантажів, що переважно виконуються механізованим способом із застосуванням кранів, навантажувачів та іншого вантажопідіймального обладнання. За невеликих обсягів робіт можуть застосовуватись засоби малої механізації [21]. Якщо транспортні засоби оснащено підйомно-транспортними механізмами, операції з навантаження та розвантаження виконує водій. Доставка колод на склад підприємства здійснюється залізничним транспортом (у вагонах, піввагонах або на платформах), а також автомобілями. Організація робіт, розміщення штабелів, а також контроль за дотриманням технології виконуються майстром дільниці або, за його відсутності, начальником зміни.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час прибуття залізничного рухомого складу на територію підприємства відповідальна особа (майстер дільниці або начальник зміни) повинна перевірити умови освітлення в зоні робіт і за потреби забезпечити додаткове освітлення. У разі повідомлення про подачу вагонів ця особа забезпечує:

- припинення роботи механізмів, навантажувачів та проведення технічного обслуговування;
- вихід персоналу з вагонів;
- демонтаж тимчасових огорожень; – очищення колій від сторонніх предметів (сміття, вантажу, снігу, трапів тощо);
- наявність достатньої кількості справних гальмівних башмаків для фіксації вагонів;
- перевірку вагонів, що мають бути вивезені, на предмет фіксації бортів, дверей, люків, механізмів зливання тощо;
- очищення вагонів від залишків попередніх вантажів, зняття маркування та елементів кріплення.

Перед розвантаженням здійснюється огляд вантажу на надійність кріплення, відсутність зміщення та цілісність пломб, які мають відповідати даним у супровідних документах. У випадку виявлення пошкоджень вагонів складається відповідний акт, після чого визначаються безпечні методи розвантаження.

Перед початком робіт навантажувачем, за вказівкою майстра дільниці, встановлюються попереджувальні знаки: червоний щит удень або червоний ліхтар у темну пору доби на відстані 15 метрів у напрямку можливого наближення локомотива.

У разі подачі автомобільного транспорту на територію підприємства, водій під керівництвом відповідальної особи під'їжджає до призначеної зони розвантаження.

Встановлюються такі безпечні інтервали між транспортними засобами:

- 1 м між автомобілями, розташованими один за одним;

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Оператор навантажувача зобов'язаний встановити машину на всі наявні виносні опори (аутригери), забезпечивши її стійке положення під час виконання розвантажувальних робіт.

Майданчик для складування колод повинен мати тверде покриття, бути рівним і регулярно очищуватись від забруднень.

Перед початком робіт водій навантажувача повинен підготувати місце для складування: очистити його від кори, сміття, тріски або інших матеріалів, що можуть перешкоджати безпечному укладанню деревини. У зимовий період слід обов'язково видалити сніг та лід з робочої поверхні.

Крім того, необхідно перевірити наявність необхідних підкладок під колоди, відповідність конструкції стелажів характеру вантажу, що укладається, та забезпечити наявність вільного доступу до місця укладання. Зона підвищеної небезпеки має бути визначена і належним чином позначена попереджувальними знаками.

Перед початком переміщення вантажу оператор навантажувача повинен візуально перевірити його стан: переконатися, що колоди не притиснуті, не завалені, не примерзли до платформи, не мають сторонніх предметів або незакріплених деталей, які можуть стати джерелом небезпеки. Також слід впевнитися, що вантаж під час підйому не зачепиться за сторонні предмети.

Перед виконанням основних операцій водій повинен встановити кабінку навантажувача на зручну висоту, що забезпечить йому хороший огляд і безпечні умови праці.

Після завершення підготовчих заходів водій навантажувача розгортає стрілу машини у напрямку до транспортного засобу та захоплює колоди за допомогою щелепного захвату. Далі здійснюється підйом стріли на висоту приблизно 0,5 м, після чого її утримують у піднятому положенні протягом 2–3 хвилин для перевірки надійності захоплення вантажу та можливості його безпечного переміщення. Якщо вантаж утримується стабільно, оператор продовжує підйом до необхідної висоти та переміщує колоди до зони укладання. У відповідному місці захват обережно розкривається, і колоди

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плавно укладаються у штабель. Ці дії повторюються до повного звільнення транспортного засобу від вантажу.

Під час розвантаження не допускається контакт щелепного захвату з металевими стійками, що утримують штабелі. Колоди укладаються рівномірно за висотою, з дотриманням встановлених габаритів. Для запобігання самовільному скочуванню деревини по обидва боки штабелів встановлюються фіксуючі стійки.

У місцях перетину шляхів технологічного транспорту і пішохідних зон із залізничними коліями повинні бути організовані проїзди завширшки не менше 3 м для транспортних засобів і проходи не менше 1,5 м для працівників. Також передбачаються засоби штучного освітлення для забезпечення безпеки робіт у темний час доби.

Ширина проходів між штабелями має становити від 0,8 м до 1,2 м, залежно від виду виконуваних робіт. Відстань між штабелем і будівлею має бути не менше 1 м, а між будівлею та транспортним засобом — не менше 0,8 м.

Розміри та конструкція штабелів повинні забезпечувати стабільне зберігання колод, відповідати вимогам безпеки праці та технічним характеристикам вантажопідіймального обладнання. При переміщенні колод необхідно дотримуватись мінімальної відстані в 0,5 м між габаритом вантажу або машини та іншими об'єктами (устаткуванням, штабелями тощо).

Розвантаження відбувається на майданчиках, розташованих перпендикулярно до напрямку руху транспорту. Максимальна довжина одного штабеля становить 20–30 м, допускається формування груп штабелів загальною площею не більше 1200 м<sup>2</sup>. Між окремими штабелями мають бути облаштовані поздовжні й поперечні проходи шириною щонайменше 1 м, а між групами штабелів (по 4–6 штук) — протипожежні проїзди не менш ніж 10 м завширшки.

Розвантаження колод з вагонів рекомендується здійснювати через один вагон, при цьому навантажувачі повинні розташовуватись паралельно один одному. Штабель усередині вагона розбирається послідовно згори вниз, горизонтальними рядами. Висмикувати окремі колоди з середини або залишати

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завислі колоди у штабелі заборонено. Формований штабель повинен бути стійким та рівномірним без перекосів.

Якщо кінці штабеля не фіксуються стійками, вони мають формуватися зі зменшенням довжини кожного наступного ряду на діаметр однієї колоди — це створює необхідний ухил. У разі використання стійок потреба в нахилі відпадає.

Під час виконання операцій зі штабелювання колод роботи слід організувати так, щоб виключити потребу у ручному коригуванні або затримці руху колод.

Доступ до місця укладання пачки колод у штабель дозволяється лише після повної зупинки вантажу на висоті не більше 1 метра від рівня укладання. Коригування положення пачок допускається тільки за допомогою спеціальних багрів, довжина яких повинна становити щонайменше 1,5 метра.

Кінці колод мають бути вирівняні по одній стороні штабеля. Виступ колод за межі вирівняної поверхні не повинен перевищувати 0,5 метра.

### 3.4 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки під час вантажно-розвантажувальних робіт на території підприємств здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства, зокрема «Правил пожежної безпеки в Україні», затверджених наказом МНС України від 19.10.2004 № 126 та зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 04.11.2004 за № 1410/10009, а також внутрішніх нормативно-технічних документів підприємства.

Для оперативного доступу до об'єктів і потенційно небезпечних зон на виробничій території облаштовуються спеціальні пожежні проїзди, ширина яких повинна забезпечувати вільний рух пожежних автомобілів. Ці проїзди чітко маркуються, не повинні бути захарашченими та утримуються в належному стані протягом усього року. На території також встановлюються світлові або

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

флуоресцентні покажчики, що позначають розташування джерел водопостачання для пожежогасіння — таких як пожежні гідранти, водонапірні башти, пожежні резервуари чи водойми.

Категорично забороняється розвантаження колод або формування штабелів безпосередньо під повітряними лініями електропередач, що створює додаткову пожежну небезпеку та ризики ураження електричним струмом.

Навколо штабелів деревини необхідно забезпечити протипожежний проїзд шириною не менше 6 метрів, що дозволяє безперешкодний проїзд та маневрування спеціалізованої техніки у разі виникнення надзвичайної ситуації. Штабелі мають бути розміщені з урахуванням протипожежних відстаней між окремими групами штабелів, а також від будівель і споруд.

Особливу увагу приділяють технічному стану електрообладнання транспортних засобів, які використовуються на території підприємства. Усі електричні ланцюги повинні бути справними, мати цілу ізоляцію та бути захищені від короткого замикання та іскроутворення. Кріплення та ізоляція проводів повинні виключати можливість механічного пошкодження, а клеми — мати захисне покриття. Акумуляторні батареї повинні бути надійно закріплені, а їхні відсіки — щільно закриті. Не допускається протікання електроліту з акумуляторів, що може призвести до займання або хімічного ураження персоналу.

У місцях проведення вантажно-розвантажувальних робіт встановлюються вогнегасники, пожежні щити з інвентарем (лопати, багри, бочки з піском тощо) згідно з вимогами до категорії пожежної небезпеки об'єкта. Персонал, залучений до робіт, проходить обов'язковий інструктаж з питань пожежної безпеки, а також має бути обізнаний з планом евакуації та діями у випадку виникнення пожежі.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Існують різноманітні методи укладання пиломатеріалів. Методи укладання колод визначаються типом деревини, її сортом і геометричними параметрами. Залежно від умов експлуатації та властивостей матеріалу, застосовують різні способи складування: клітковий, рядковий із прокладками, рядковий без прокладок і пакетний. Для забезпечення стабільності штабелів при укладанні без прокладок, а також у разі пакетного зберігання, використовують спеціальні стійки-штабелетримачі, які перешкоджають розкочуванню та зсуву колод.

2. Найпоширенішим методом зберігання на підприємствах деревообробної промисловості є рядкове укладання без прокладок, при якому функцію стабілізації виконують металеві стійки. Такі стійки виготовляють із металевих стрижнів, з'єднаних зварюванням у просторову конструкцію. Для підвищення жорсткості передбачені додаткові елементи – ребра жорсткості, а також заглушки, що захищають внутрішні порожнини профілю від проникнення вологи, сміття та корозійного впливу.

3. Розрахунок навантаження на стійку здійснювався в умовах найгіршого експлуатаційного сценарію – утримання колод завдовжки 2 метри, з середньою густиною деревини  $850 \text{ кг/м}^3$  та коефіцієнтом повнодеревності 0,65, що відповідає типовим умовам складування на підприємстві.

4. Несуча здатність стійки оцінювалася за трьома основними критеріями: стійкість на зсув (зміщення по основі); стійкість на перекидання (стійка не повинна втратити рівновагу під дією маси штабеля); міцність конструкції (втрати несучої здатності елементами профілю або зварними з'єднаннями). Несуча здатність стійки – здатність утримувати матеріал в штабелі без зміщення відносно бетонної основи, без перекидання та без втрати конструктивної міцності.

5. Проведений аналіз показав, що коефіцієнт стійкості на зсув становить 0,537, що свідчить про недостатню стійкість конструкції щодо зсуву на

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бетонній основі при максимальному навантаженні. Це вказує на необхідність технічного вдосконалення конструкції, зокрема – збільшення довжини опорних елементів стійки в зоні дотику з колодами, щоб зменшити ймовірність її зсуву по бетонній основі.

6. Водночас стійкість на перекидання є достатньою – коефіцієнт дорівнює 2,512, що свідчить про значний запас надійності конструкції в умовах допустимих навантажень.

7. Міцність профілю стійки має значний запас: максимальні напруження становлять 83,9 МПа при допустимих 108 МПа, а отже, конструкція має резерв міцності, що дає змогу розглянути можливість застосування профілів меншого перерізу для оптимізації матеріалів. Аналогічно, зварні з'єднання у критичних перерізах мають максимальне напруження 7,44 МПа при допустимих 43 МПа, що також підтверджує їх надійність. Це відкриває можливість оптимізації конструкції шляхом зменшення перерізу профілю, з метою економії матеріалу без втрати міцності.

8. Регулярний технічний огляд стійок є обов'язковою процедурою і передбачає: плановий технічний огляд – не рідше одного разу на три місяці; позаплановий огляд – при встановленні нових штабелів; позачерговий огляд – у разі виявлення дефектів або після інцидентів. Виявлення дефектів здійснюється як візуальним контролем, так і за допомогою спеціалізованих інструментів. Стійки з виявленими серйозними пошкодженнями виводяться з експлуатації, а результати оглядів фіксуються у відповідних журналах.

9. Організація укладання колод передбачає рівномірне нарощування штабеля по довжині, при цьому висота штабеля біля стійок повинна бути меншою, ніж у центральній частині, для запобігання ризику перекидання стійок. Штабелі формуються у логістичні комплекси, що забезпечують зручність транспортування і зберігання.

10. Для визначення припустимих параметрів дефектів стійки була складена таблиця дефектів, якою доцільно керуватися під час оцінювання її технічного стану. Особливу увагу необхідно приділяти виявленню таких пошкоджень, що

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у карті позначені як неприпустимі, оскільки їх наявність є підставою для виведення стійки з експлуатації.

11. Організація вантажно-розвантажувальних робіт повинна відповідати вимогам чинного законодавства з охорони праці. Відповідальність за координацію дій персоналу несе майстер ділянки, а в його відсутність — начальник зміни. Всі працівники повинні бути проінструктовані та забезпечені індивідуальними засобами захисту.

12. Для забезпечення безперешкодного доступу та пожежної безпеки на території підприємства облаштовують і чітко маркують пожежні проїзди, що дозволяють вільний рух пожежної техніки. Біля штабелів колод передбачають проїзди шириною не менше 6 метрів. Також встановлюють світлові покажчики місць розташування пожежних гідрантів, водонапірних веж і водойм.

13. Враховуючи всі наведені результати, рекомендується подальше вдосконалення конструкції стійок, забезпечити постійний контроль технічного стану стійок для гарантування безпеки працівників і цілісності штабелів під час експлуатації.

					<i>КРБ 0021.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Лісозаготівля: методи, етапи та реалізація процесу. URL: <https://eos.com/uk/blog/lisozahotivlia/> (дата звернення: 19.04.2025).
2. Лісозаготівля. URL: <https://sheplis.com.ua/naprjami/lisozahotivlja.html> (дата звернення: 19.04.2025).
3. Павловський М.А. Теоретична механіка.: Підручник.-К.:Техніка,2002.-512с.
4. Векерик В. І., Ільчишина Д. І., Левчук К.Г., Цідило І. В., Шальда Л. М. Теоретична механіка: Навчальний посібник. Івано-Франківськ: Факел, 2006. 459 с.
5. Романенко Л.Г., Солодов В.Г. Теоретична механіка. Навчальний посібник для технічних вузів.-Харків: ХДАДТУ, 2000.-268с.
6. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підручник. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
7. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. – К.: Кондор, 2004. – 584 с.
8. Опір матеріалів: Підручник / Шваб'юк В.І. — К., 2016.
9. В.М. Павлов, А.С. Крижановський, Г.М. Борозенець та ін. Деталі машин. Конспект лекцій. – К.: НАУ, 2008. – 164 с.
10. Г.М. Борозенець, В.М. Павлов, О.В. Голубничій, В.О. Кольцов. Прикладна механіка і основи конструювання: навч.посіб. – К.: НАУ, 2015. – 356 с.
11. Іванчук, А. В. Деталі машин: навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / Анатолій Васильович Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
12. Коновалюк Д. М. Деталі машин: Підручник/Д.М. Коновалюк, Р.М.Ковальчук. – Київ: Кондор, 2004. – 584 с. – (2-е видання).
13. Деталі машин. Практикум: Навчальний посібник / Д.Ю. Коновалюк, Р.М. Ковальчук, В.О. Байбула, М.М. Толстушко. – К.: Кондор, 2009. – 278 с.
14. Малащенко В.О., Павлице В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. – Львів: НУЛП, 1999. – 116 с.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Деталі машин [Текст]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / М.П. Ярошевич, М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 272 с.
16. Деталі машин [Текст] : конспект лекцій для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. В.Л. Мартинюк, М.М. Толстушко. – Луцьк : Луцький НТУ, 2018. – 92 с.
17. Деталі машин [Текст]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 96 с.
18. Деталі машин. Електронний навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної скорочених форм навчання. Луцьк : Луцький НТУ, 2018.
19. Про затвердження Методики проведення державної експертизи (перевірки) проектної документації на будівництво (реконструкцію, технічне переоснащення) виробничивиробничих об'єктів і виготовлення засобів виробництва на відповідність їх нормативним актам про охорону праці URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0044-95#Text> (дата звернення: 14.11.2023).
20. Про затвердження Правил охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості. URL: [https://zakononline.com.ua/documents/show/257894\\_\\_508265](https://zakononline.com.ua/documents/show/257894__508265) (дата звернення: 16.11.2023).
21. Організація виконання вантажних і складських операцій: Навч. посібник / О.В. Лаврухін, Д.В. Ломотько, Є.С. Альошинський та ін.; за заг. ред. С.В. Панченка. – Харків: УкрДУЗТ, 2015.

					КРБ 0021.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ДОДАТКИ**

					<i>КРБ 0021.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>55</b>