

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра аграрної та лісової інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

Розроблення конструкції нагромаджувача для круглих лісоматеріалів

Виконав: студент групи ІН-61м
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування,
освітньо-професійної програми
Промисловий інжиніринг
Ярчак І. І.

Керівник: Цимбалюк Ю. І.

Рецензент: Шевченко Н. В.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра аграрної та лісової інженерії

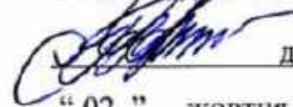
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма Промисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри АЛІ



доц. Бакай Б. Я.

“ 02 ” жовтня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ярчаку Івану Івановичу

1. Тема роботи Розроблення конструкції нагромаджувача для круглих лісоматеріалів.

керівник роботи Цимбалюк Юрій Іванович, канд. техн. наук,
 затверджені наказом університету від “ 29 ” липня 2025 року № С-462

2. Термін подання студентом роботи 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Товариство з обмеженою відповідальністю “Е-ВІНГС”;
об’єкт дослідження – технологічний процес головної потокової лінії нижнього
лісового складу; предмет дослідження – допоміжне устаткування для операції
сортування круглих лісоматеріалів

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

1. Умови застосування проектного устаткування та технічні вимоги до нього

2. Розроблення конструкції лісонагромаджувача

3. Дослідження міцності деталей конструкції лісонагромаджувача

4. Висновки

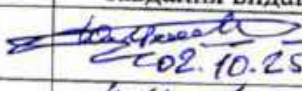
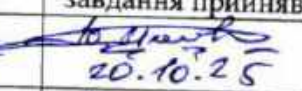
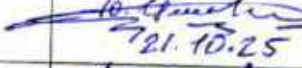
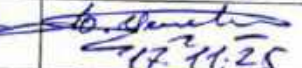

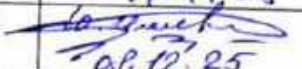
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

1. Робочі креслення конструкції нагромаджувача для круглих лісоматеріалів із деталюванням окремих вузлів.

2. Результати дослідження міцності деталей конструкції нагромаджувача лісоматеріалів, шляхом симуляції навантажень (поле напружень, сили,

деформації, коефіцієнт запасу міцності, тощо).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Цимбалюк Ю.І., доцент кафедри	 02.10.25	 20.10.25
2	Цимбалюк Ю.І., доцент кафедри	 21.10.25	 17.11.25
3	Цимбалюк Ю.І., доцент кафедри	 18.11.25	 08.12.25

7. Дата видачі завдання _____ 02.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Умови застосування проєктованого устаткування та технічні вимоги до нього	02.10.2025-20.10.2025 р.	
2	Розроблення конструкції лісонагромаджувача	21.10.2025-17.11.2025 р.	
3	Дослідження міцності деталей конструкції лісонагромаджувача	18.11.2025-08.12.2025 р.	
4	Формування висновків та оформлення кваліфікаційної роботи	09.12.2025-15.12.2025 р.	

Студент _____

(підпис)

Ярчак І. І.

Керівник роботи _____

(підпис)

Цимбалюк Ю. І.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 74с., 3 ч., 21 рис., 4 дод., 23 літературних джерела.

Тема: «Розроблення конструкції нагромаджувача для круглих лісоматеріалів»

Ключові слова: головна потокова лінія; розкрязування і сортування лісоматеріалів; поздовжній сортувальний транспортер; лісонагромаджувач; нижній лісовий склад.

Об'єкт дослідження – технологічний процес головної потокової лінії нижнього лісового складу

Предмет дослідження: допоміжне устаткування для операції сортування круглих лісоматеріалів

Мета роботи – зменшення пошкодження круглих лісоматеріалів під час сортування та підвищення якості формування пачок.

Методи дослідження – вивчення технологічного процесу головної потокової лінії нижнього лісового складу загалом та операції сортування круглих лісоматеріалів зокрема, шляхом аналізу спеціальної літератури та огляду наукових публікацій;

– виконання літературного та патентного пошуку на предмет допоміжного устаткування для операції сортування круглих лісоматеріалів;

– дослідження та аналіз відомих конструкцій допоміжного устаткування для операції сортування круглих лісоматеріалів;

– використання системного підходу та методу морфологічного аналізу для розроблення та проектування удосконаленої конструкції лісонагромаджувача круглих лісоматеріалів;

– використання пакету сучасних інженерних програм для симулювання навантажень на окремі елементи устаткування на основі теоретичних розрахунків.

Однією із основних операцій головної потокової лінії нижнього лісового складу є сортування лісоматеріалів отриманих в результаті розкряжування стовбурів чи після їх поступлення на склад в готовому вигляді. В якості основного та найбільш ефективного устаткування використовуються поздовжні ланцюгові транспортери. Кінцевою фазою сортування є укладання сортиментів в лісонагромаджувачі, що розміщуються вздовж сортувального транспортеру. Всі ці оглядові питання подано в першому розділі роботи.

В результаті скидування круглих лісоматеріалів в лісонагромаджувачі та їх падіння із значної висоти, відбуваються механічні пошкодження, що знижують якість лісоматеріалів. Крім того, відбувається сильна розбіжність торців, що ускладнює процес завантаження пачок лісоматеріалів у вантажні платформи або укладання їх в штабелі. Для усунення зазначених недоліків, обґрунтована вдосконалена конструкція лісонагромаджувача та виконані проєктні розрахунки окремих елементів. Дана інформація подається в другому розділі роботи.

Підтвердження теоретичних результатів та більш детальне дослідження міцності окремих елементів лісонагромаджувача, шляхом використання інженерних програм для симуляції навантажень подано в третьому розділі.

На основі отриманих в роботі результатів, сформовані висновки та рекомендації до застосування запропонованого устаткування.

ABSTRACT

Master's qualification work: 74p., 3 parts, 21 figures, 4 appendices, 23 literary sources.

Topic: " Development of equipment for stacking round timber"

Keywords: main flow line; delimiting and sorting of timber; longitudinal sorting conveyor; timber stacker; lower timber warehouse.

Object of research – technological process of the main flow line of the lower timber warehouse

Subject of research: auxiliary equipment for the round timber sorting operation

The purpose of the work is to reduce damage to round timber during sorting and improve the quality of bundle formation.

Research methods – study of the technological process of the main flow line of the lower timber warehouse in general and the round timber sorting operation in particular, by analyzing special literature and reviewing scientific publications;

- performing a literature and patent search for auxiliary equipment for the round timber sorting operation;

- research and analysis of known designs of auxiliary equipment for the round timber sorting operation;

- using a system approach and morphological analysis method to develop and design an improved design of a round timber stacker;

- using a package of modern engineering programs to simulate loads on individual equipment elements based on theoretical calculations.

One of the main operations of the main flow line of the lower forest warehouse is sorting of timber obtained as a result of trunk delimiting or after their arrival at the warehouse in finished form. Longitudinal chain conveyors are used as the main and most effective equipment. The final phase of sorting is stacking assortments in stackers located along the sorting conveyor. All these review questions are presented in the first section of the work.

As a result of dumping round timber into the timber storage and their fall from a considerable height, mechanical damage occurs, which reduces the quality of the timber. In addition, there is a strong divergence of the ends, which complicates the process of loading bundles of timber into cargo platforms or stacking them in stacks. To eliminate these shortcomings, an improved design of the timber storage was substantiated and design calculations of individual elements were performed. This information is presented in the second section of the work.

Confirmation of theoretical results and a more detailed study of the strength of individual elements of the timber storage, using engineering programs for load simulation, are presented in the third section.

Based on the results obtained in the work, conclusions and recommendations for the use of the proposed equipment were formed.

ЗМІСТ

Вступ.....	11
1. УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЕКТОВАНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО НЬОГО.....	13
1.1 Загальна інформація про лісонагромаджувачі та їх використання.....	13
1.2 Розроблення попередніх технічних вимог до механізованого лісонагромаджувача круглих лісоматеріалів.....	15
1.2.1 Призначення устаткування та місце в системі машин технологічного потoku.....	15
1.2.2 Технологічна зона використання нагромаджувача сортиментів.....	15
1.2.3 Основні складові елементи нагромаджувача лісоматеріалів та побажання до конструкторського вираження.....	16
1.2.4 Регламентні вимоги до експлуатаційно-технологічних особливостей та обслуговування нагромаджувача лісоматеріалів.....	17
1.2.5 Попередні технічні показники нагромаджувача лісоматеріалів.....	18
1.3 Технічне завдання на розробку нагромаджувача круглих лісоматеріалів.....	19
1.3.1 Область застосування.....	19
1.3.2 Підстава для розробки лісонагромаджувача.....	19
1.3.3 Мета і призначення розробки.....	20
1.3.4 Джерела розробки конструкції лісонагромаджувача.....	20
1.3.5 Технічні вимоги до конструкції лісонагромаджувача.....	21
1.3.5.1 Склад продукції і вимоги до конструктивного виконання.....	21
1.3.5.2 Основні вимоги щодо надійності роботи механізмів нагромаджувача лісоматеріалів.....	22
1.3.5.3 Вимоги до технологічності.....	22
1.3.5.4 Вимоги до методів контролю, рівня уніфікації і стандартизації деталей нагромаджувача лісоматеріалів.....	22
1.3.5.5 Основні вимоги до безпечних умов експлуатації.....	23
1.3.5.6 Ергономічні та естетичні вимоги.....	24

1.3.5.7	Вимоги до патентної чистоти виробу	24
1.3.5.8	Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних і експлуатаційних матеріалів.....	25
1.3.5.9	Вимоги щодо транспортування та зберігання виробу.....	25
1.3.5.10	Умови експлуатації виробу.....	26
1.3.5.11	Економічні показники.....	26
1.3.6	Стадії і етапи розробки конструкції лісонагромаджувача.....	26
1.3.7	Порядок контролю і приймання готового виробу.....	27
1.3.8	Напрямки реалізації і використання результатів дослідно-конструкторської роботи на розробку безпривідного лісонагромаджувача.....	27
2.	РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛІСОНАГРОМАДЖУВАЧА.....	28
2.1.	Аналітичний огляд прототипних конструкцій лісонагромаджувачів круглих лісоматеріалів.....	28
2.2	Обґрунтування техніко-економічних і техніко-технологічних показників нагромаджувача лісоматеріалів.....	32
2.2.1.	Технологічні умови роботи обладнання.....	33
2.3	Опис конструкції нагромаджувача круглих лісоматеріалів	34
2.4.	Встановлення базових проєктних параметрів проєктованого устаткування.....	36
2.5.	Розробка компоновочно-кінематичної схеми проєктованого устаткування для нагромадження колод.....	40
2.6.	Теоретичне обґрунтування основних параметрів конструкції лісонагромаджувача.....	41
2.6.1	Визначення кратності поліспасти нагромаджувача і визначення робочого ходу пружини зворотного ходу.....	41
2.6.2.	Встановлення технічних навантажень в елементах конструкції.....	42
2.6.3.	Розрахунок пружини стиску механізму зворотного ходу нагромаджувача.....	45
2.7.	Розрахунок осі та підшипника ковзання напрямного блока нагромаджувача.....	48

	10
2.7.1 Розрахунок на міцність осі напрямного блоку.....	49
2.7.2 Розрахунок підшипника ковзання для напрямного блоку.....	51
2.8. Розрахунок рухомої осі поліспасти і підшипників ковзання направляючих блоків.....	53
2.8.1. Конструкторське виконання і вихідні дані.....	53
2.8.2 Розрахунок рухомої осі поліспасти.....	54
2.8.4. Розрахунок підшипників ковзання напрямних блоків.....	55
2.9 Підбір стандартних деталей, елементів та вузлів конструкції.....	55
2.10 Охорона праці, навколишнього середовища та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	57
2.10.1 Заходи з охорони навколишнього середовища.....	59
3. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ЛІСОНАГРОМАДЖУВАЧА.....	60
3.1. Актуальність дослідження міцності нестандартних деталей конструкції лісонагромаджувача.....	60
3.2 Основні етапи дослідження міцності рухомої осі з направляючим блоком поліспасти лісонагромаджувача.....	61
3.2.1 Розробка 3Д моделі рухомої осі поліспасти на основі отриманих розрахунковим шляхом геометричних розмірів.....	61
3.2.2 Генерування опорних зв'язків та величини і місця прикладання технологічних сил.....	62
3.2.3 Генерування сітки напружень на поверхні осі та запуск дослідження.....	63
3.2.4. Результати дослідження міцності рухомої осі механізму поліспасти лісонагромаджувача.....	64
ВИСНОВКИ.....	68
ЛІТЕРАТУРА.....	69
ДОДАТКИ.....	71

ВСТУП

Актуальність теми. Незважаючи на суттєве зменшення кількості нижніх лісових складів у філіях лісового господарства та обмеження їх функціонального призначення, через широке впровадження технології сортиментної лісозаготівлі, існують лісові склади деревообробних та лісопереробних підприємств, які практично функціонують, як нижні склади філій лісових господарств. Тут також часто виконується кряжування стовбурної деревини та сортування круглих лісоматеріалів з наступним їх укладанням на площадці для тимчасового зберігання деревини.

Устаткування зазначених складів, зазвичай є стаціонарним і призначене для виконання первинної обробки деревини, яка проступає на склад, її сортування та укладання в штабелі з наступною більш глибокою переробкою чи відвантаженням на рухомий склад залізничного чи автомобільного транспорту. Це все забезпечує комплекс відповідного устаткування, яке послідовно розміщується в одному технологічному потоці. Завершальною операцією зазначеного потоку є сортування лісоматеріалів та складування у штабелі для переробки або відвантаження.

Під час використання на сортуванні лісоматеріалів поздовжніх транспортерів, використовується допоміжне устаткування зокрема для приймання лісоматеріалів та формування з них пачок. Якісне, функціональне, допоміжне устаткування, дозволяє суттєво скоротити час виконання наступних операцій та забезпечити збереження якості продукції, зокрема, шляхом зменшення відсотку механічних пошкоджень, а відповідно і відходів під час подальшої переробки.

На даний час існує подібне типове допоміжне устаткування або окремі його конструкції, що виготовляються на встановлюються на місці після монтажу поздовжнього сортувального транспортера. Однак через свою примітивність конструкції, воно не здатне забезпечити технологічні стандарти та вимоги, що ставляться до сучасного виробничого процесу. Таким чином, виникає необхідність в розроблення конструкцій більш функціонального

устаткування, яке позбавлене недоліків існуючого та виводить операцію сортування лісоматеріалів із використанням поздовжніх транспортерів на більш якісний технологічний рівень.

Разом з тим, слід зважати, що устаткування такого типу для подібних виробництв, має відрізнятися як простою конструкцією так і надійною роботою. Його проектування має ґрунтуватися на системному підході до вирішення виявленої проблеми та із застосуванням сучасних методик технічної творчості, до прикладу, метод морфологічного аналізу. Вивчення умов роботи та середовища експлуатації устаткування, забезпечить максимальну технологічну відповідність з високою функціональною ефективністю. А використання сучасних інженерних програм, дозволяє виконувати ґрунтовні дослідження, як устаткування в цілому, так і його окремих вузлів чи елементів.

1. УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЕКТОВАНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО НЬОГО

1.1 Загальна інформація про лісонагромаджувачі та їх використання

Загалом, лісонагромаджувач представляє собою конструкцію прямокутної чи квадратної форми в перетині, яка слугує ємністю для приймання та формування пакету круглих лісоматеріалів, що поступають із сортувального механізму, зазвичай після розкрядування стовбурів на нижньому лісовому складі підприємства із заготівлі чи переробки деревини. Найчастіше такі інженерні конструкції, використовуються під час застосування на сортуванні лісоматеріалів поздовжніх сортувальних транспортерів, хоча і у випадку застосування інших механізмів, вони також мають місце.

Прийнято, що ємність лісонагромаджувача, тобто, об'єм лісоматеріалів, який може в ньому розміститися, має не перевищувати вантажопіднімальності механізму за допомогою якого, лісоматеріали забираються з лісонагромаджувача. Цієї умови слід дотримуватися для того, щоб забезпечити можливість розвантаження лісонагромаджувача в один прийом.

Стосовно схеми розміщення лісонагромаджувачів, то їх розміщують вздовж сортувального поздовжнього транспортера чи рейкового шляху сортувального модуля з однієї або обидвох сторін. Розміщення з обидвох сторін, дозволяє зменшувати приблизно вдвоє довжину шляху руху сортувального модуля чи довжину транспортера або збільшувати майже вдвічі кількість лісонагромаджувачів. Тут слід відмітити, що не всі поздовжні сортувальні транспортери мають технічну можливість скидувати лісоматеріали на обидві сторони, тому в більшості випадків, лісонагромаджувачі розміщують з однієї сторони або встановлюються спеціальні пристрої для двохстороннього скидування.

Порядок розміщення лісонагромаджувачів вздовж поздовжнього сортувального транспортера, має узгоджуватися із схемою розміщення на території складу чи площадки, цехів переробки або об'ємів відвантаження

круглих лісоматеріалів та відсотковим співвідношенням сортиментів, що надходять на сортувальний транспортер. Зазвичай такі, типові цехи, як лісопильний чи шпалорізний, розміщують вкінці сортувального транспортера, щоб їх приймальні площадки перебували в зоні дії стаціонарного вантажопіднімального механізму. Це означає, що лісонагромаджувачі для прийому пиловника чи шпального кряжу, також мають розміщуватися ближче до краю поздовжнього сортувального транспортера.

Лісонагромаджувачі в які надходять сортименти, що не підлягають переробці в цехах, доцільно розміщувати вздовж транспортера в такій послідовності, яка забезпечить мінімальну сумарну вантажну роботу штабелювального механізму (крану) і сумарну вантажну роботу сортувального транспортера. З цією метою, по середині сортувального транспортера розміщують лісонагромаджувачі в які найчастіше скидують сортименти, а від середини до країв транспортера, розміщують лісонагромаджувачі в які об'єми поступлення сортиментів зменшуються.

Якщо для обслуговування сортувального транспортера задіяно два крани, що переміщуються на одному крановому шляху, то приведений порядок розміщення лісонагромаджувачів зберігається. Однак, якщо кожен із кранів, обслуговує свою технологічну зону (приблизно половину довжини транспортера), то по середині транспортера і по його краях, повинні розміщуватися лісонагромаджувачі для прийому сортиментів, об'єми поступлення яких є найменшими, а по середині кожної з технологічних зон, слід розміщувати лісонагромаджувачі для прийому сортиментів, об'єми надходження яких є найбільшими.

У випадку застосування розкряжувально-сортувального модуля для кряжування стовбурної декревини та сортування отриманих сортиментів, враховуються інші чинники, зокрема такі як місце розміщення приймаючої площадки стовбурів та тип вантажопіднімального механізму, що використовується на розвантаженні нагромаджувачів. При цьому, такий

модуль, може виконувати безпосередню подачу сировини на приймальні площадки цехів переробки деревини.

1.2 Розроблення попередніх технічних вимог до механізованого лісонагромаджувача круглих лісоматеріалів

1.2.1 Призначення устаткування та місце в системі машин технологічного потоку

Проектоване устаткування відноситься до допоміжного в складі потокової лінії з первинної обробки стовбурів, що поступають на лісовий склад підприємства. Використовується в складі системи машин, які забезпечують в кінцевому результаті отримання сортиментної деревини. До таких машин зазвичай належить розкрязувальне та сортувальне устаткування технологічного потоку, а також вантажопіднімальні механізми для переміщення деревини.

Прямим функціональним призначенням нагромаджувача сортиментів, є приймання сортиментів та формування їх у пачку певного об'єму, що є складовою технологічного процесу штабелювання та відвантаження сортиментів. У випадку поступлення деревини у вигляді сортиментів, нагромаджувачі лісоматеріалів працюють в складі системи машин, яка включає машини для сортування лісоматеріалів та вантажопіднімальні машини для переміщення і штабелювання лісоматеріалів.

1.2.2 Технологічна зона використання нагромаджувача сортиментів

Технологічна зона застосування проектованого устаткування для прийому сортиментів, визначається зоною дії сортувального механізму стаціонарного типу, тобто такого, що переміщується по визначеному шляху у вигляді рейкового шляху певної довжини або зоною дії сортувального механізму у вигляді поздовжнього сортувального транспортера. Головним чином, це є потокова лінія лісового складу, яка призначена для приймання та первинної обробки деревини у вигляді стовбурів.

У випадку виконання на складі лише операції сортування, через помстшулення деревини в сортиментах, нагромаджувачі лісоматеріалів використовуються в складі сортувальної лінії, технологічна зона роботи якої визначається складом відповідного устаткування. За необхідності, нагромаджувачі сортиментів можуть використовуватися в цехах в яких виконується додаткове сортування з використанням подаючого транспортера, а для виймання та переміщення лісоматеріалів в цеху, використовуються внутрішньо цехові вантажопіднімальні механізми у вигляді електронавантажувачів чи кран-балок.

Зважаючи на можливість використання нагромаджувачів сортиментів, як на відкритому повітрі, так і в приміщенні цеху, температурний діапазон експлуатації устаткування буде також широким, в межах від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Хоча чітких обмежень температурного режиму експлуатації устаткування не існує в силу його конструктивних особливостей.

1.2.3 Основні складові елементи нагромаджувача лісоматеріалів та побажання до конструкторського вираження

Відповідно до функціонального призначення нагромаджувача, а саме виконання ролі ємності для прийому сортиментів, то очевидно, що повинні бути наявні такі елементи, як обмежувачі пачки у вигляді вертикальних стійок певної висоти, балки основи нагромаджувача та механізм, що забезпечує безударне завантаження сортиментів у нагромаджувач. Очевидно, що для функціонування нагромаджувача не доцільно використовувати джерело енергії та відповідні привідні механізми.

Механізми нагромаджувача для своєї роботи мають використовувати енергію та масу падаючого сортименту або тягову силу сортувального механізму. Загалом конструкція має забезпечувати можливість регулювання місткості нагромаджувача залежно від технологічної необхідності. Суцільні блоки нагромаджувача повинні мати вагу, яка дозволяє їх переміщення без використання спеціальної техніки під час монтажно-демонтажних робіт.

Загальна конструкція нагромаджувача має містити елементи та деталі, що не складають підвищеної складності для їх виготовлення, а можуть виготовлятися в умовах невеликого металообробного цеху за наявності загального переліку металообробного устаткування. В конструкції слід максимально використовувати розсмії зеднання елементів і менше суцільні шляхом зварювання. Механізми нагромаджувача та його несуча конструкція мають представляти єдину компактну конструкцію.

1.2.4 Регламентні вимоги до експлуатаційно-технологічних особливостей та обслуговування нагромаджувача лісоматеріалів

Відповідно до функціонального призначення нагромаджувача лісоматеріалів та закладених конструктивних можливостей, його робочий процес включатиме виконання таких техніко-технологічних переміщень виконавчих елементів:

- скочування лісоматеріалів із сортувального транспортера в нагромаджувач або подачі лісоматеріалу виконавчим органом сортувального модуля;
- спрацювання канатно-блочного механізму натягу вантажних канатів нагромаджувача;
- спрацювання механізму повернення вантажних канатів нагромаджувача у вихідне робоче положення, після забирання лісоматеріалів із нагромаджувача.

З метою забезпечення надійної та безперебійної роботи устаткування в будь-яку пору року, слід виконувати його технічне обслуговування регламентоване як основною та і додатковою схемами.

Технічне обслуговування за основною схемою, складається з переліку таких основних технічних процедур:

- перевірка засміченості основних механізмів нагромаджувача та його рухомих елементів з наступним їх очищення від бруду та сторонніх предметів, що перешкоджають нормальній роботі механізмів;

– перевірка технічного стану елементів привідних механізмів, зокрема канатно-блочного обладнання та механізму натягу вантажних канатів нагромаджувача;

– змащування тертьових поверхонь та поверхонь ковзання механізмів нагромаджувача, а також регулювання натягів канатів канатно-блочної системи;

Схема регламентних робіт за додатковою схемою технічного обслуговування нагромаджувача, містить такі операції:

– візуальний поверхневий огляд конструкції та очищення рухомих частин від частин кори та деревини, що попала в них;

– поверхневий огляд стану елементів конструкції, зєднань, канатів та кріплення канатів. Перевірка стану та кріплення захисних кожухів рухомих частин устаткування.

1.2.5 Попередні технічні показники нагромаджувача лісоматеріалів

1. Діапазон довжини сортиментів, що надходять до нагромаджувача:

– мінімальна довжина, м 3,5м;

– максимальна довжина, м.....6,5м.

2. Максимальна місткість нагромаджувача, м³.....15,0.

3. Висота обмежувальних стійок нагромаджувача, м.....1,8.

4. Діапазон зміни довжини нагромаджувача, м³:

– мінімальна довжина, м 1,5.

– максимальна довжина, м.....4,0.

5. Ширина нагромаджувача, м.....3,0.

6. Привід механізмів нагромаджувача: механічний, пасивний за рахунок енергії падіння та ваги лісоматеріалу;

7. Приведення механізмів нагромаджувача у вихідне положення: автоматичне, механічне.

8. Спосіб приймання лісоматеріалів: гравітаційний, поштучний.

9. Спосіб звільнення (розвантаження) нагромаджувача: шляхом використання стороннього вантажопіднімального механізму.

10. Чисельність обслуговуючого персоналу для забезпечення роботи устаткування за основною схемою: не потребує.

1.3 Технічне завдання на розробку нагромаджувача круглих лісоматеріалів

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На проектування: Лісонагромаджувача для круглих лісоматеріалів.

Завод виготовлювач:	Ново-Роздільський дослідно-механічний завод «Карпати»
Проектна організація:	НЛТУ України, ІМАКІТ група ІН-61М
Індекс виробу:	25.12.2025
Дата розробки завдання:	ІІІ Квартал 2026 року

1.3.1 Область застосування

Лісонагромаджувач призначений для використання на лісових складах малого і середнього вантажообігу, де сортування сортиментів виконується за допомогою поздовжнього сортувального транспортера чи рейкового сортувального модуля. З метою нагромадження сортиментів внаслідок їх сортування поздовжнім транспортером на головній потоковій лінії лісового складу підприємства, під час первинної обробки стовбурів.

1.3.2 Підстава для розробки лісонагромаджувача

Розробка конструкції безпривідного лісонагромаджувача, виконується на підставі завдання виданого кафедрою аграрної та лісової інженерії НЛТУ України в рамках виконання кваліфікаційної роботи магістра, освітньої програми «Галузеве машинобудування», спеціальності «Промисловий

інжиніринг» від 20.10.2025р. Це відповідає започаткованому в інституті напрямку, стосовно залучення студентів випускних курсів, які навчаються в ІМАКІТ НЛТУ України до вирішення проблем науки, техніки, освіти в період 2025-2026 навч. року.

1.3.3 Мета і призначення розробки

Метою конструкторської розробки безпривідного лісонагромаджувача є удосконалення технології сортування круглих лісоматеріалів отриманих після кряжування стовбурів та удосконалення допоміжного устаткування для сортування лісоматеріалів з використанням поздовжнього сортувального транспортера чи рейкового сортувального модуля.

Призначенням розробки конструкції безпривідного лісонагромаджувача є зменшення трудовитрат на вирівнювання торців колод, що скидаються до лісонагромаджувача, виправлення та уникнення перекосів колод в пачці, поперечне перекочування колод під час падіння в нагромаджувач, що призведе до зменшення собівартості робіт пов'язаних із сортуванням круглих лісоматеріалів та підвищення якості процесу.

1.3.4 Джерела розробки конструкції лісонагромаджувача

– під час розробки конструкції використовувались результати пошукових і науково-дослідних робіт, зокрема Івана-Франківського та Львівського ПКТІ, а також використані результати аналізу вітчизняних та зарубіжних напрацювань, що стосуються тематики конструкцій лісонагромаджувачів для сортувальних транспортерів чи рейкових сортувальних модулів.

– використані результати патентного пошуку за темою розробки, зокрема такі авторські свідоцтва, патенти і ліцензії, що використані при розробці: №1237588 А1, №725979, №513917, №436775;

– спеціальні літературні джерела лісотехнічного напрямку, а також оприлюднені в наукових виданнях матеріали теоретичних і практичних досліджень за темою сортування деревини на лісовому складі.

1.3.5 Технічні вимоги до конструкції лісонагромаджувача

1.3.5.1 Склад продукції і вимоги до конструктивного виконання

Лісонагромаджувач для приймання сортиментів від сортувального транспортера чи рейкового сортувального модуля, повинен включати: дві пари вертикальних стійок, поперечини, робочий канат, обвідні блоки, два чотирьохкратні поліспасти, чотири пружини, що працюють на стискання і два захисні кожухи, які одночасно являються опорами нагромаджувача, а також дві повздовжні поперечини, телескопічної конструкції.

Таблиця 1.1 – Проектні технічні параметри лісонагромаджувача

Показники	Одиниці виміру	Значення показників
1. Висотна відмітка транспортера	м	2,50
2. Довжина колод, що нагромаджуються:		
максимальна	м	6,50
мінімальна	м	2,00
3. Висота нагромаджувача	м	2,20
4. Ширина нагромаджувача	м	3,00
5. Довжина нагромаджувача залежить від довжини сортиментів, що сортуються і лежить в межах:	м	1,25-4,00 градація 0,25
6. Об'єм деревини в нагромаджувачі при довжині сортиментів 3 м	м ³	10

1.3.5.2 Основні вимоги щодо надійності роботи механізмів нагромаджувача лісоматеріалів

Допоміжне устаткування, зазвичай має відрізнятися підвищеною надійністю експлуатації в порівнянні із основним устаткуванням технологічного процесу. Це означає, що надійність роботи нагромаджувача має бути вищою надійності роботи поздовжнього сортувального транспортера чи сортувального модуля, задіяних в процесі сортування лісоматеріалів.

Показником надійності устаткування є тривалість його експлуатації між регламентованими капітальними ремонтами. Висока надійність відповідає тривалому діапазону міжремонтної експлуатації устаткування. Для регламентування вимог надійності роботи нагромаджувача, скористаємося вимогами до надійності технічних виробів згідно РТМ-2-82 «Керівний технічний матеріал. Лісозаготівельні машини». Відповідно до цього, термін служби устаткування у вигляді нагромаджувача, до його списання при двозмінному режимі роботи, має складати не менше як п'ять років, за умови його експлуатації згідно керівних матеріалів. Нагромаджувач лісоматеріалів, повинен забезпечувати зручність ремонту основних вузлів, легку заміну зношених деталей та окремих збірних частин.

1.3.5.3 Вимоги до технологічності

Розроблювані вузи і деталі лісонагромаджувача, повинні бути технологічні у виготовленні з можливістю їх виконання в умовах ремонтно-механічної майстерні чи ремонтно-механічного заводу із застосуванням стандартної лінійки металообробних верстатів та загальної технології виконання.

1.3.5.4 Вимоги до методів контролю, рівня уніфікації і стандартизації деталей нагромаджувача лісоматеріалів

Для виготовлення нагромаджувача лісоматеріалів, попередньо мають бути розроблені вимоги на всі технічні параметри виробу. Під час виготовлення

основних елементів нагромаджувача та його деталей, мають використовуватимся такі засоби вимірювання, які серійно випускаються промисловістю та пройшли, згідно регламентного графіку, відомчу або державну перевірку. У випадку використання нестандартних засобів вимірювань, їх необхідно атестувати в установленому порядку із прикладенням до них завірених атестаційних документів.

Широке використання стандартних деталей, має спостерігатися першочергово у привідних механізмах нагромаджувача. Саме в цих механізмах, рівень уніфікації та стандартизації повинен складати не менше 50%. Для виготовлення несучих елементів конструкції нагромаджувача, слід використовувати стандартну профільну сталь українських виробників.

1.3.5.5 Основні вимоги до безпечних умов експлуатації

Проектований нагромаджувач лісоматеріалів для сортування лісоматеріалів з використанням сортувального транспортера, повинен відповідати вимогам техніки безпеки згідно ГОСТ 12.200-84 і ГОСТ 12.3.018-88 або оновлених документів на основі зазначених.

Важкі збірні одиниці устаткування, привідні модулі та інше, вага яких перевищує 30 кг повинні оснащуватись приспособленнями або мати відповідні місця, які призначені для роботи зачепних пристроїв вантажопіднімальних механізмів. Такі приспособлення необхідно влаштовувати з врахуванням центру ваги вузлів. Механізми, які повинні бути під постійним наглядом і періодично змащуватися, повинні забезпечуватися зручним та безпечним доступом.

Важкодоступні для змащування місця, повинні виготовлятися з автоматичним або одноразовим змащуванням на період роботи між профілактичними роботами та технічними оглядами. Відкриті рухомі елементи механізмів устаткування, повинні бути закриті відповідним огороженням. Якщо такі вузли вимагають дотримання особливо безпечної експлуатації, то їх необхідно фарбувати фарбою сигнальних кольорів відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026-86.

Робоча зона розміщення проектованого устаткування має забезпечуватися штучним освітленням, як виконавчих елементів так і всієї робочої зони згідно вимог «Галузевих норм штучного освітлення об'єктів і підприємств лісової і деревообробної галузі».

Заходи протипожежної безпеки повинні виконуватись у відповідності до вимог ГОСТ 12.1.004-91, а фізичне зусилля, що необхідно прикладати до органів керування технологічним обладнанням, має регламентуватися у відповідності з вимогами ГОСТ 12.2.121-88.

1.3.5.6 Ергономічні та естетичні вимоги

Розроблюване обладнання повинно відповідати вимогам композиційної цілісності і функціональної доцільності. Для систем управління роботою обладнання забезпечити таблички з чіткими надписами і схемами, що вказують на призначення і напрям переміщення елементів управління відповідно з положеннями ГОСТ 21480-86.

Конструкція нагромаджувача має забезпечувати зручність виконання регулювальних робіт, таких як регулювання висоти обмежувальних стійок, натягів канатів канатно-блочної системи та ін. Крім того, мають передбачатися зручності під час вивантаження лісоматеріалів з нагромаджувача до яких першочергово відносяться зручність захоплення вантажу та доступу до нього.

Естетичність виробу, першочергово має забезпечуватися його компактністю та лаконічними формами, які відображають його функціональне призначення. Використання захисних кожухів рухомих елементів устаткування, а також їх фарбування у сигнальні кольори, також підкреслює естетичність виробу.

1.3.5.7 Вимоги до патентної чистоти виробу

Проектована конструкція нагромаджувача круглих лісоматеріалів, має забезпечувати дотримання патентної чистоти на території країн Європейського союзу та країн близького зарубіжжя. Крім того, конструкція має відповідати

вимогам новизни, які ставляться до заявок на отримання патенту на корисну модель.

1.3.5.8 Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних і експлуатаційних матеріалів

Складові частини лісонагромаджувача, вихідні і експлуатаційні матеріали повинні відповідати вимогам державних і галузевих стандартів, технічних умов та іншої нормативно-технічної документації. В розробці не використовувати дорогоцінні і дефіцитні матеріали, при умові дотримання якості і надійності конструкції.

1.3.5.9 Вимоги щодо транспортування та зберігання виробу

Під час транспортування складових вузлів та елементів нагромаджувача лісоматеріалів та їх зберігання, мають виконуватися такі рекомендації:

– вузли та елементи нагромаджувача мають бути розділені в окремі контейнери, розміри яких відповідають розмірам вантажу вміщеного в них. При цьому, має використовувати відповідне пакування для уникнення переміщень в контейнері. На контейнерах мають бути виконані відповідні написи та складена завірена специфікація.

– елементи несучої конструкції нагромаджувача, можна не укласти в контейнери, а лише упакувати і скріпити між собою, також виконавши відповідні вказівні написи та прикріпивши лист специфікації.

– дрібні деталі та кріпильні елементи виробу, слід вкладати в тару, окремо від крупногабаритних вузлів та деталей.

– для тривалого зберігання упакованих вузлів та елементів виробу, слід вибирати сухі приміщення, захищені від попадання вологи та дії атмосферних опадів. Дотримання певного температурного режиму під час зберігання не є обов'язковим, як і захист від прямого сонячного освітлення.

1.3.5.10 Умови експлуатації виробу

Зазначені технічні показники лісонагромаджувача повинні забезпечуватись при експлуатації в умовах помірного клімату в інтервалі температур $-30...+40^{\circ}\text{C}$. Діапазон зазначених температур може варіюватися в межах 10°C в одну та іншу сторони.

1.3.5.11 Економічні показники

Річний економічний ефект на одиницю виробу при однозмінній роботі устаткування, повинен складати 25,7 тис. гривень на сортуванні лісоматеріалів в складі головного технологічного потоку лісового складу підприємства.

1.3.6 Стадії і етапи розробки конструкції лісонагромаджувача

1.3.6.1 Розробка технічного завдання на виріб – 3 квартал 2026р.

1.3.6.2 Розробка робочої документації для виготовлення дослідного зразка – лісонагромаджувача – 4 квартал 2026р.

1.3.6.3 Виготовлення дослідного зразка 1 і 2 квартал 2026р.

1.3.6.4 Приведення приймальних випробувань – 2 квартал 2026р.

1.3.6.5 Коректування технічної документації за результатами приймальних випробувань – 3 квартал 2026р.

1.3.6.6 Експлуатаційні документи на виріб розробляються одночасно з конструкторською документацією призначеною для виготовлення дослідного взірця лісонагромаджувача і коректуються за результатами випробувань.

1.3.6.7. Документи на виконання ремонтних робіт розробляються після встановлення виробу на серійне виробництво

1.3.6.8 Проектна організація – НЛТУ України, ІМАКІТ, ІН-61М

1.3.6.9 Підприємство виготовлювач лісонагромаджувача – Ново-Роздільський дослідно механічний завод «Карпати».

1.3.7 Порядок контролю і приймання готового виробу

– порядок проведення виробничих випробувань готового зразка лісонагромаджувача регламентується програмою і методиками випробувань, що додається до готового виробу;

– заводські випробування лісонагромаджувача, виконуються на заводі виготовлювачу згідно затверджених програми та методики випробувань.

1.3.8 Напрямки реалізації і використання результатів дослідно-конструкторської роботи на розробку безпривідного лісонагромаджувача

Результати, які були отримані будуть використовуватися для проектування і удосконалення інших конструкцій лісонагромаджувачів та подібного до них складського устаткування. Дослідницька інформація використовуватиметься під час виготовлення експериментальних моделей лісонагромаджувача, під час виготовлення його функціональних макетів, а також для виготовлення наглядних ознайомчих і навчальних матеріалів.

2. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛІСОНАГРОМАДЖУВАЧА

2.1. Аналітичний огляд прототипних конструкцій лісонагромаджувачів круглих лісоматеріалів

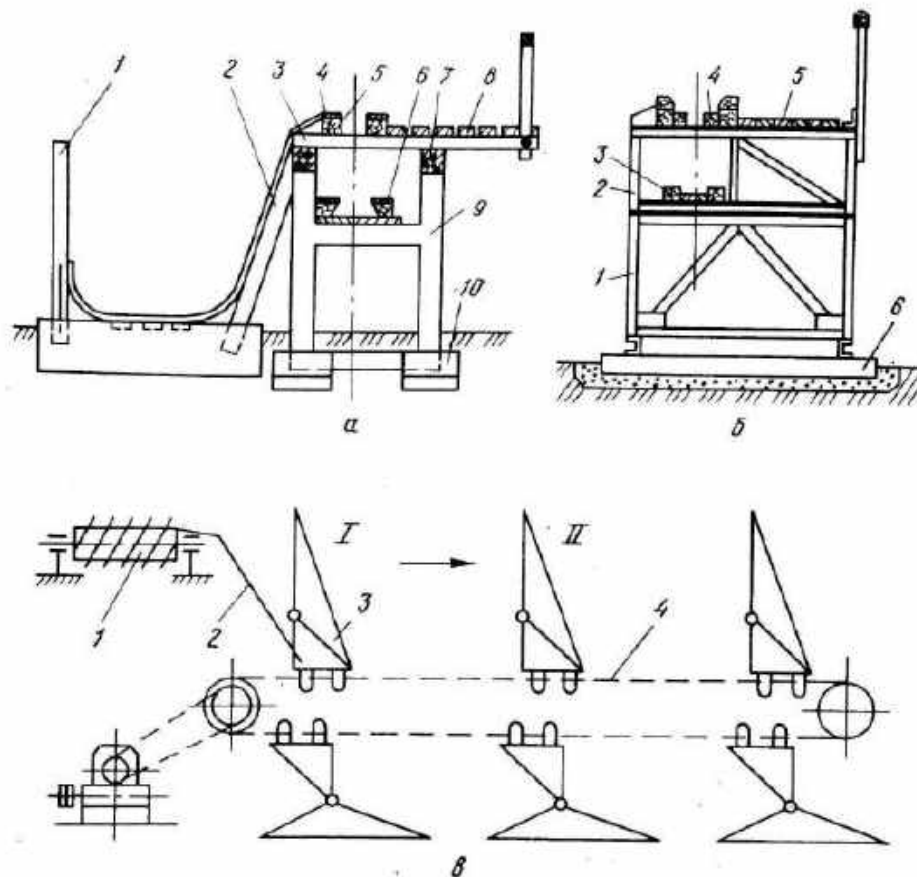
Конструкція лісонагромаджувачів повинна забезпечувати їх повне завантаження сортиментами без необхідності застосування ручної праці на усунення перекосів сортиментів, вирівнювання їх торців та поперечне перекочування в нагромаджувачі. Головним чином, перекоси сортиментів і розкидування їх торців, під час скидування в нагромаджувач, виникають внаслідок забігання вперед більш важкої відземкової частини, коли сортимент скочується в нагромаджувач по похилих направляючих. Особливо явно виражене таке явище під час використання нагромаджувачів із нерухомими стійками (рис.2.1а). В міру заповнення лісонагромаджувача та зменшення шляху прокочування сортиментів по похилих направляючих, діапазон розкидування їх торців та кількість перекосів сортиментів, суттєво зменшується.

Дослідженнями підтверджено, що якщо відстань перекочування сортиментів похилими напрямними не перевищує 1м, то діапазон розкидування їх торців, перебуває в допустимих межах (± 20 см). Однак, за такої довжини перекочування сортименту, місткість лісонагромаджувача виявиться надто малою для використання в складі устаткування головної потокової лінії лісового складу підприємства.

Враховуючи зазначене, стає очевидним що, оптимальним варіантом розв'язку проблеми, буде поєднання необхідної місткості нагромаджувача із збереженням стабільно невеликої довжини шляху перекочування сортименту похилими напрямними. Конструкція такого нагромаджувача, який відповідає зазначеним вище вимогам, подана на рисунку 1в.

Даний лісонагромаджувач виконаний у вигляді двохланцюгового поперечного транспортера 4, до ланцюгів якого шарнірно кріпляться стійки 3, конструкція яких дозволяє їм складатися. Сортименти, що скидуються із сортувального транспортера, попадають спочатку на гвинтовий рольганг 1, де

відбувається вирівнювання їх передніх торців по спеціально встановленому обмежувальному щиту, і одночасно зміщуючись в поперечному напрямку, падають у порожнину утворену похилими напрямними 2 та стійками. В міру заповнення порожнини, поперечний двохланцюговий транспортер 4 періодично вмикається і стійки 3 відсуваються на певну величину від похилих напрямних 2 в тому напрямку, як показано на рисунку стрілкою. При цьому порожнина дещо збільшується, сортименти осідають, а загальна довжина похилої напрямної зберігає приблизно, свою початкову невелику довжину. Остаточне заповнення порожнини відбувається тоді, коли стійки 3, перемістяться із положення I в положення II, а пачка сортиментів розміщуватиметься між двома парами стійок 3 двохланцюгового поперечного транспортера 4.



а – естакада на залізобетонних опорах; б – блочна конструкція естакади;
в – лісонагромаджувач з рухомими стійками

Рисунок 2.1 – Естакади і лісонагромаджувачі сортувальних транспортерів

Після цього, розпочинається заповнення наступної порожнини, а готову, сформовану пачку сортиментів може забирати будь-який придатний для цього вантажопіднімальний механізм, до прикладу, стаціонарний кран. Конструкція стійок 3 нагромаджувача виконана таким чином, що дозволяє їм вільно переміщуватися під транспортером. Однак, у такого лісонагромаджувача є суттєві недоліки. Першочергово це досить складна конструкція, що є привідною і потребує використання привідних двигунів і енергії для них. Для підтримання належного технічного стану слід виконувати регулярне, досить трудомістке технічне обслуговування. І зрештою, виготовлення та експлуатація такого устаткування є досить дорогавартісними.

Одним із шляхів зменшення явища розкидування торців сортиментів у нагромаджувачі з нерухомими стійками є застосування пристрою, що містить дві нахилені стінки, які встановлюються по боках лісонагромаджувача у верхній його частині. Під час скочування сортиментів похилими напрямними, вони ковзають своїми забігаючими кінцями по нахиленій стінці, праві чи лівій, що призводить до поздовжнього зміщення та вирівнювання торців.

Сучасні виробники, також пропонують подібне устаткування (рис.2.2), однак, воно має комбіновану конструкцію для підвищення його універсальності з можливістю використання на невеликих деревообробних підприємствах.



Рисунок 2.2 – Нагромаджувач лісоматеріалів із системою їх видачі до лісопильної рами фірми «Ясень»

Відомий пристрій для формування пакетів довгомірних виробів (рис.2.2 авторське свідоцтво №1237588), що включає транспортер і розміщений паралельно йому нагромаджувач, який має основу із криволінійною робочою поверхнею і стійки, кожна із стійок зі сторони конвеєра виконана з ножем на торцевій поверхні, відмінність полягає у тому, що з метою підвищення якості формування пакету, воно оснащено закріпленою на першій стійці і основі направляючою із загостреною поверхнею робочою. Наявність похилих стійок, розміщених по краю лісонагромаджувача сприяє тому, що колоди при скочуванні по канатах проковзують своїми забічними кінцями по похилій стійці, а тому відбувається повздовжнє їх зміщення і вирівнювання торців.

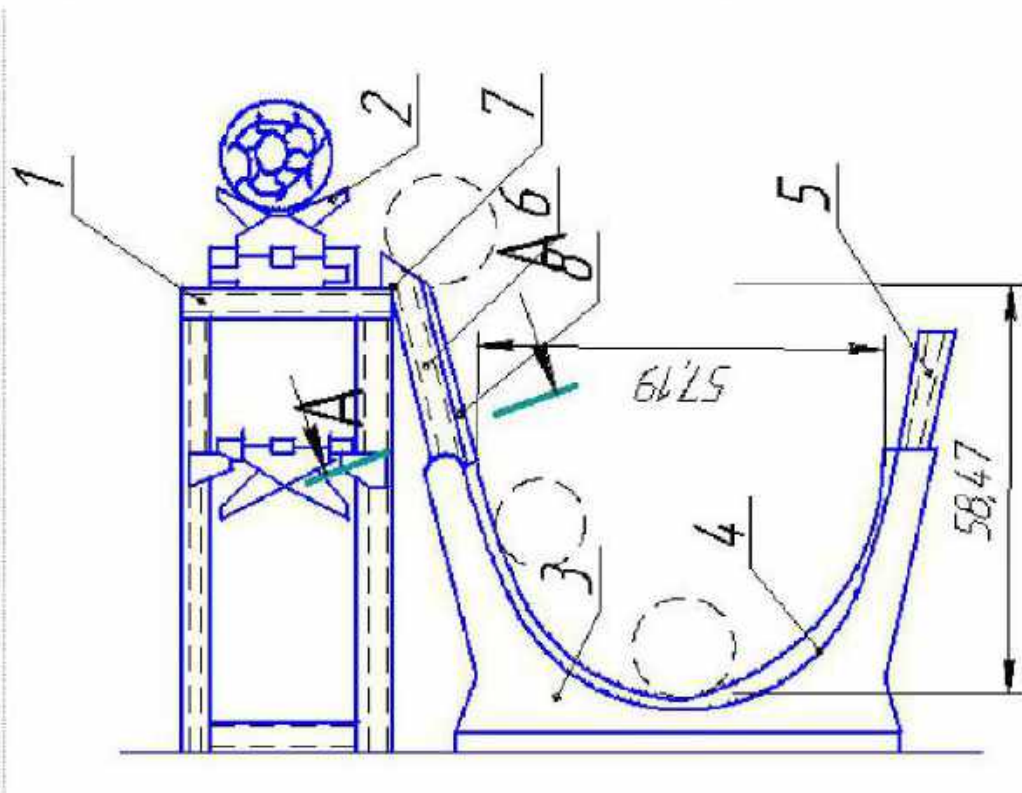


Рисунок 2.3 – Пакетоформуючий лісонагромаджувач

Відомий також пристрій для формування пакета круглого лісу (рисунок 2.4), що включає: основа з жорстко закріпленими на ній вертикальними стійками і шарнірно встановленими поворотними формуючими балками з направляючими. Відмінність у тому, що з метою підвищення надійності в роботі і спрощення конструкції, поворотні формувальні балки з'єднані між

собою гнучким канатом, а направляючі закріплені на них шарнірно і оснащені обмежувачами, які контактують з вертикальними стійками.

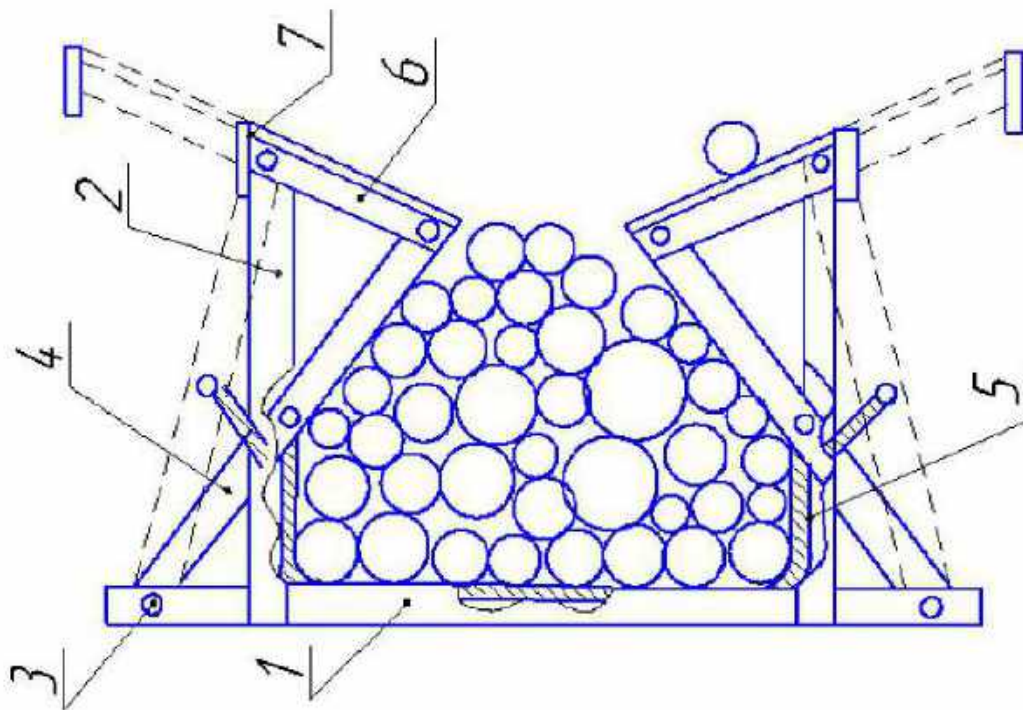


Рисунок 2.4 – Важільний пакетоформувальний пристрій

Робота пристрою полягає в наступному: по мірі поступлення, сортиментом зосереджуються у контурі, обмеженому стійками і поперечинами, під дією ваги падаючого сортименту, колод, що є нагромаджувачі розсуваються, при цьому відповідно і переміщуються поворотні формуючі балки, цим самим здійснюється формування пакета сортиментів. Сформований таким чином пакет встановлюється на поперечні прокладки, вкладені на спеціальній площадці, ув'язується і транспортується у вагон або в під штабельні місця.

2.2 Обґрунтування техніко-економічних і техніко-технологічних показників нагромаджувача лісоматеріалів

Лісонагромаджувач повинен працювати в умовах лісового складу для накопичення круглих лісоматеріалів в процесі сортування з використанням поздовжнього сортувального транспортера або рейкового сортувального модуля. Довжина сортиментів, що потраплятимуть до нагромаджувача має бути

в межах від 2,0 до 6,5 м. Максимальний діаметр відземків сортиментів не повинен перевищувати 0,6м.

Попередні розміри лісонагромаджувача при механізованому скидуванні сортиментів є наступними:

- глибина 1,8-2,5 м;
- ширина 3,0м;
- довжина визначається розмірами сортиментів.

Так як проєктований лісонагромаджувач є універсальним, то він забезпечує можливість змінювати відстань між парами стійок (передніми і задніми) в межах від 1,25 м до 4 м. Місткість лісонагромаджувача визначається вантажопідемністю крана чи вантажопіднімальної машини, що застосовується на штабелювально-навантажувальних роботах. В даному випадку, проєктна місткість лісонагромаджувача становитиме $12,5 \text{ м}^3$, що відповідатиме масі вантажу в 10 тон. Така місткість прийнята в розрахунок з врахуванням, що звільнення нагромаджувача від лісоматеріалів виконуватиметься за допомогою консольно-козлового крану ККС-10, максимальна вантажопідемність якого складає 10т.

На виконанні робіт пов'язаних із сортуванням деревини на нижніх складах вручну, задіяно близько 12-15% загальної чисельності робітників. Встановлення запроєктованого лісонагромаджувача дозволить повністю механізувати процес сортування, а також передбачається зниження загальної собівартості сортувальних робіт. Очікується, що собівартість робіт при повному механізованому сортуванні лісоматеріалів буде у 2,5 рази меншою, як при частковому застосуванні ручної праці.

2.2.1. Технологічні умови роботи обладнання.

Робочий процес нагромаджувача полягатиме в наступному: круглі лісоматеріали, що переміщуються поздовжнім сортувальним транспортером, повинні при допомозі колодоскидача скидуватися до лісонагромаджувача. З цією метою, також можна використовувати транспортер із

саморозвантажувальними траверсами. Варто відмітити, що спосіб скидування лісоматеріалів до нагромаджувача не впливає на його функціональність, навіть коли скидування виконуватиметься вручну.

По мірі нагромадження деревини в кишені лісонагромаджувача, його робочі канати здійснюватимуть плавне її опускання. Крім того, наявність канатної оснастки дає можливість забезпечувати збереження рівності відземків сортиментів в межах не більше 15 см, що в подальшому дозволить зменшити витрати часу на вирівнювання відземків та усунення перекосів сортиментів.

По мірі заповнення кишені нагромаджувача, робочий канат прогинатиметься під вагою сортиментів і видовжуватиметься. Об'єм пачки сортиментів визначатиметься за вантажепідемністю механізму канатно-блочної системи нагромаджувача і визначається повним приляганням робочого канату до внутрішньої поверхні твірної лісонагромаджувача. Забирання деревини з нагромаджувача забезпечуватиметься стаціонарним краном.

Повертання робочого канату в початкове положення забезпечуватиме спеціально спроектований механізм, що представляє собою поліспасти, канати і пружини.

2.3 Опис конструкції нагромаджувача круглих лісоматеріалів

Загальний вигляд конструкції нагромаджувача лісоматеріалів, подано на рисунку 2.3. Основними конструкційними елементами устаткування є підкладки 1, що формують основу нагромаджувача, передні стійки 2, задні стійки 3, дві з'єднувальні поперечини 4 і робочий канат 5. На передніх стійках 2 нагромаджувача, встановлені напрямні блоки 6 робочого канату 5. Натяг робочого канату 5 є регульованим в залежності від маси деревини, яка розміщується на канаті. Саморегулювання натягу робочого канату відбувається завдяки механізму, що складається із поліспасти і двох пружин 9, які працюють на стискання.

Зокрема поліспасти механізму натягу робочого канату, складається із двох пар нерухомих напрямних блоків 7, двох пар рухомих напрямних блоків 8

і двох пружин 9, що працюють на стискання. Зазначені механізми розміщуються в двох основах 1 нагромаджувача.

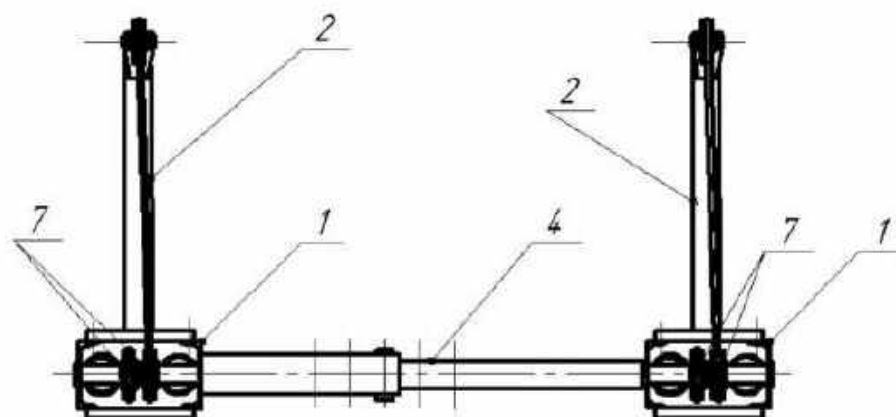
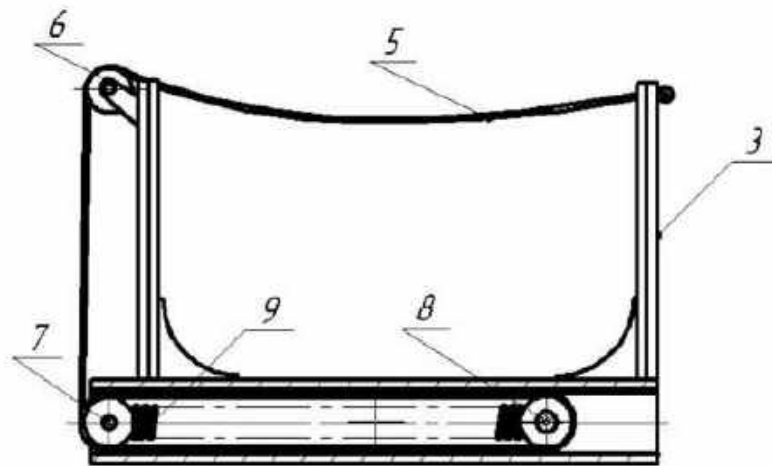


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд лісонагромаджувача

Конструкція нагромаджувача вважається універсальною в плані приймання лісоматеріалів різної довжини. З цією метою, поперечини 4 нагромаджувача мають телескопічну конструкцію, що забезпечує можливість зміни відстані між опорними секціями нагромаджувача в залежності від довжини лісоматеріалів, що надходять.

Лісонагромаджувач є без активного приводу, а механізм регулювання натягу робочого канату 5 працює від ваги лісоматеріалів.

2.4. Встановлення базових проектних параметрів проектного устаткування

Головні базові параметри проектного нагромаджувача, приймаємо на основі відомих параметрів предмету праці (сортименту), зокрема його максимальної та мінімальної довжини та аналогічного діаметру. Також враховуються головні параметри основного устаткування, що застосовується на сортуванні лісоматеріалів. Першочергово за основу приймаємо поздовжній сортувальний транспортер. Головний параметр на який спиратимемося при проектуванні лісонагромаджувача – це висота естакади сортувального транспортера та спосіб його розвантаження, а також конструкцію естакади.

На основі зазначеного, слід відмітити, що середня висота естакад сортувальних транспортерів, приймається при штабелюванні і навантаженні кранами 2...2,5 м. Враховуючи це, а також беручи за основу сортувальний транспортер марки ЛТ-86 з висотою естакади 2,5 м., приймаємо проектний розмір лісонагромаджувача, зокрема його стійок, по висоті 2,2 м.

Довжина або віддаль між парами стійок лісонагромаджувача встановлюватиме в залежності від довжини сортиментів, їх граничних розмірів, одночасно приймаючи до уваги таку властивість, як універсальність нагромаджувача. Тобто, одна пара стійок повинна здійснювати зворотно-поступальний рух у відповідності до довжини лісоматеріалів, що накопичуються. Тобто одна пара стійок буде нерухомою, а інша переміщуватиметься за рахунок повздовжніх направляючих, які виготовлятимуться із прокатної труби з квадратним поперечним січенням. Таким чином, направляючі підкладки нагромаджувача матимуть телескопічну конструкцію, що забезпечуватиме, при потребі, їх видовження чи вкорочення (рис.2.1). Видовження чи вкорочення приймальної секції лісонагромаджувача, виконуватиметься вручну або із застосуванням ручної лебідки, після попереднього закріплення основи нагромаджувача в місці його встановлення.

Крок видовження рухомої секції нагромаджувача та розміщення відстані між фіксаторами, встановлюватиметься з врахуванням градації довжини

сортиментів та допуском на необхідну довжину, яка потрібна для стійкого розміщення лісоматеріалу на підкладках нагромаджувача.

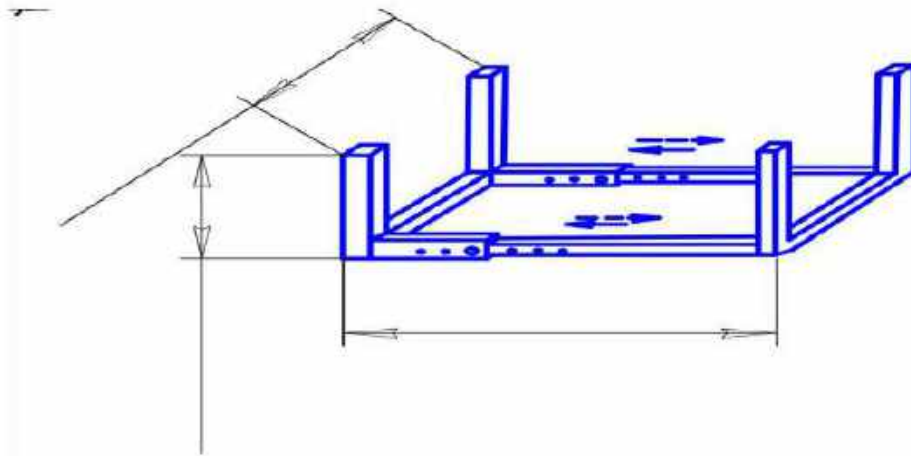


Рисунок 2.6 – Схема лісонагромаджувача для визначення його габаритних розмірів

Фіксація потрібної величини відстані між стійками здійснюватиметься за допомогою двох пар фіксуючих пальців на повздовжніх направляючих нагромаджувача.

Враховуючи граничні геометричні розміри сортиментів, що поступають на сортування, а саме від 2,0м до 6,5, то відстань між парами стійок (нерухомими та рухомими) нагромаджувача, буде знаходитися в проміжку від 1,25 до 4 м., з можливістю зміни цієї величини через кожні 0,25 м.

Відповідно, для визначення ширини нагромаджувача, враховується те, що забирання лісоматеріалів з нього виконуватиметься з використанням консольно-козлового крану чи баштового крану, який застосовується на штабелюванні і навантаженні деревини в складі основного технологічного потоку і має максимальну вантажопідйомність 10тон. У випадку застосування

іншого вантажопіднімального устаткування, його вантажопідємність також має складати не менше 10т.

Об'єм пачки, що піднімається краном, а також яка може розміститися в нагромаджувачі при мінімальній довжині сортиментів $L=4$ м, розрахуємо на підставі виразу:

$$V_n = \frac{Q_{kr}}{\Gamma \cdot K_n};$$

де K_n Equation.3 – коефіцієнт, що показує щільність розміщення сортиментів в нагромаджувачі, K_n Equation.3 =0,67;

Q_{kr} Equation.3 – вантажопідйомність розвантажувального механізму, що обслуговує нагромаджувач, Q_{kr} Equation.3 =10 тон;

Γ – прийнята в розрахунок щільність деревини, $\Gamma =0,8$ т/м³

$$V_n = \frac{10}{0,67 \cdot 0,8} = 18,66 \text{ м}^3$$

Враховуючи, що механізм, який забезпечує збільшення видовження каната, при збільшенні навантаження на канат, розміщується внизу нагромаджувача, то висота наповнення нагромаджувача становитиме $H_n=1,80$ м, що відповідатиме об'єму деревитни в ньому.

Звідси ширина нагромаджувача, визначатиметься з виразу:

$$B_{en} = \frac{Q}{H_n \cdot L},$$

де L – прийнята у розрахунок довжина сортиментів, $L=4$ м;

$$B_{en} = \frac{18,66}{1,80 \cdot 4} = 2,60 \text{ м}$$

В даному випадку B_{en} є відстань між внутрішніми поверхнями стійок. Отже, загальна ширина нагромаджувача з врахуванням товщини стійок становитиме в межах: $B=3,0$ м.

На основі приведеної на рисунку 1.2 схеми, визначаємо величину видовження робочого каната, при повному завантаженні нагромаджувача лісоматеріалами. При цьому враховуємо, що у холостому положенні, канат має невелику стрілу прогину. Дані розрахунки є наближеними і тому після процесу проектування і вибору остаточних розмірів елементів нагромаджувача, вони можуть дещо змінюватись.

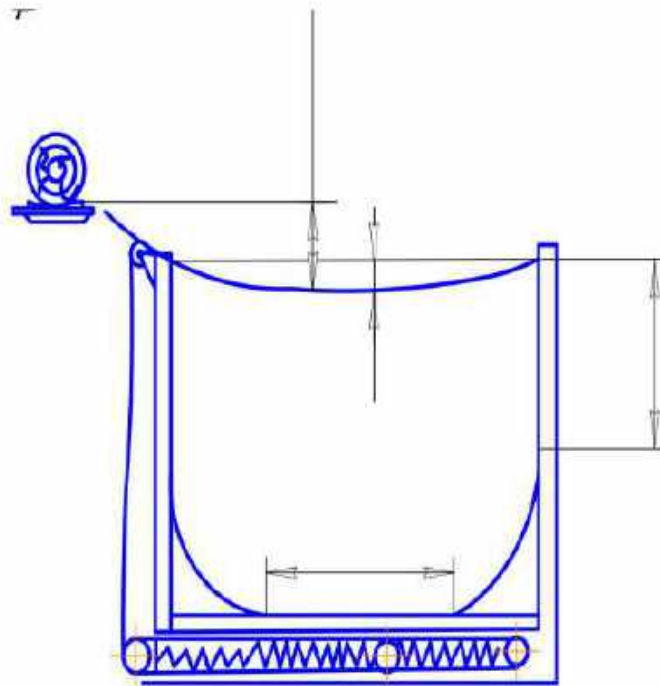


Рисунок 2.7 – Схема для видовження робочого канату нагромаджувача під максимальним навантаженням

Довжина робочого канату, при відсутності навантаження становитиме (наближено): $l_{х.х.} = 3.10 \text{ м}$

При повному завантаженні лісонагромаджувача, довжину робочого каната наближено, визначається із залежності:

$$l_{в} = 2 \cdot l_{п.в.в} + l_{п.в.г} + 2 \cdot l_{п.к.}$$

де $l_{п.в.в}$ – довжина прямої вставки або довжина стиків основи нагромаджувача до заокруглення, $l_{п.в.в} = 1.10 \text{ м}$.

$l_{п.в.г}$ – довжина горизонтальної прямої вставки основи, $l_{п.в.г} = 1.60 \text{ м}$,

$l_{п.к}$ – довжина секторів, $l_{п.к}=1,58$ м.

$$l_6 = 2 \cdot 10 + 1,60 + 2 \cdot 1,58 = 6,96 \text{ м}$$

Величина видовження робочого каната становитиме:

$$Dl_k = l_6 - l_{х.х.} = 6,96 - 3,10 = 3,86 \text{ м}$$

2.5. Розробка компоновочно-кінематичної схеми проектуваного устаткування для нагромадження колод

Враховуючи величину переміщення робочого канату 3 (згідно Equation.3 $=3,86$ м) під вагою лісоматеріалів в позицію 5 (згідно рисунка 2.3.), а також габаритну ширину лісонагромаджувача $B=3,0$ м, попередньо приймаємо чотирикратний поліспаст $m=4$, виходячи з можливості його розміщення під основою лісонагромаджувача з врахуванням габаритної ширини.

На рисунку 2.3., представлено компоновочно-кінематичну схему лісонагромаджувача із канатно-блочною системою та системою зворотного ходу рухомої секції нагромаджувача.

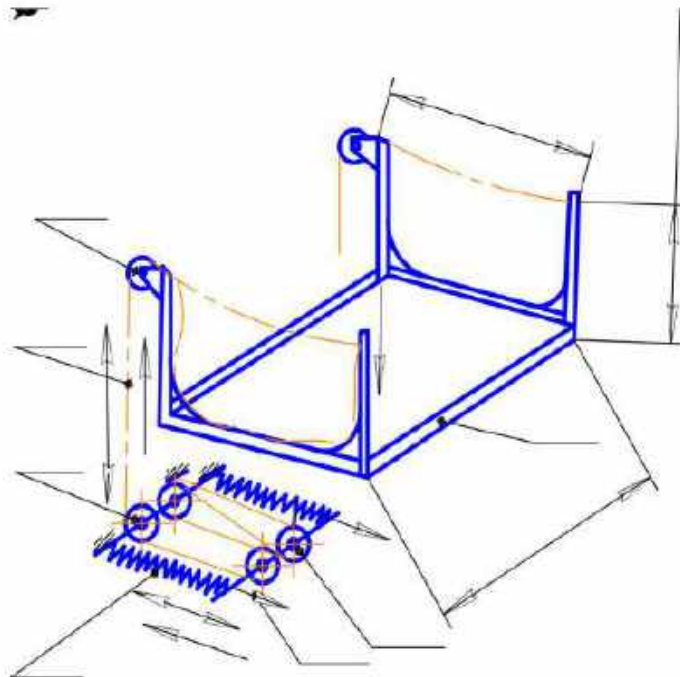


Рисунок 2.8 – Компоновочно-кінематична схема лісонагромаджувача.

1 – каркас метаблоконструкції нагромаджувача; 2 – блоки, що розміщені на рухомій осі поліспасти; 3 – напрям дії зусилля пружини, при роботі її на стискання $F_{\text{пр}}$; 4 – пружина стиску, яка сприймає зусилля від частини ваги пакету лісоматеріалів; 5 – блоки, що розміщені на нерухомій осі поліспасти; 6 – робочий канат нагромаджувача; 7 – обвідний блок нагромаджувача для робочого канату.

Згідно поданої схеми:

Dl_k і u_k – відстань і швидкість переміщення робочої вітки канату відповідно;

Dl_n і u_n – відстань і швидкість переміщення рухомої осі чотирикратного поліспасти нагромаджувача під час завантаження сортиментами.

2.6. Теоретичне обґрунтування основних параметрів конструкції лісонагромаджувача

2.6.1 Визначення кратності поліспасти нагромаджувача і визначення робочого ходу пружини зворотного ходу

Попередніми припущеннями була вибрана або прийнята для наступних розрахунків, кратність поліспасти механізму натягу робочого канату, рівною $m=4$.

Уточнена кратність поліспасти визначається згідно залежності:

$$m = \frac{u_k}{u_n} = \frac{Dl_k}{Dl_n} = 4$$

З цієї формули визначаємо величину переміщення рухомого валу поліспасти з блоками або це не що інше, як робочий хід пружини стиску (h), який виражатиметься як:

$$Dl_n = h = \frac{Dl_k}{4},$$

де Dl_k – відношення робочої вітки канату, що перебуває під навантаженням, $Dl_k=3,86$ м,

$$Dl_n = h = \frac{3.86}{4} = 0.97 \text{ м,}$$

Тобто, пружина під дією максимального або розрахункового навантаження повинна була би стискатися на таку величину.

2.6.2. Встановлення технічних навантажень в елементах конструкції

Вага пакету лісоматеріалів, при заповненому лісонагромаджувачі складатиме: $G_n = 10m = 98,1$ кН.

Для подальших розрахунків, визначаємо величину зусиль в канатах, зокрема зусилля, що діють на блоки та силу стискання пружини при заповненому лісонагромаджувачі. Для виконання зазначених розрахунків, скористаємося розрахунковою схемою на рисунку 2.4.

Сила, що діятиме від пакету лісоматеріалів на одну вітку нагромаджувача, визначатиметься як:

$$G_{\Phi} = K_n \times \frac{G_n}{2},$$

де K_n Equation.3 – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження, K_n Equation.3 = 1,1.

$$G_{\Phi} = 1.1 \times \frac{9.81}{2} = 54.00 \text{ кН}$$

Навантаження від пакету лісоматеріалів на одну робочу вітку нагромаджувача, становитиме:

$$G_{\Phi} = K_n \times \frac{G_n}{2},$$

де K_n Equation.3 - -коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження, K_n Equation.3 = 1,1.

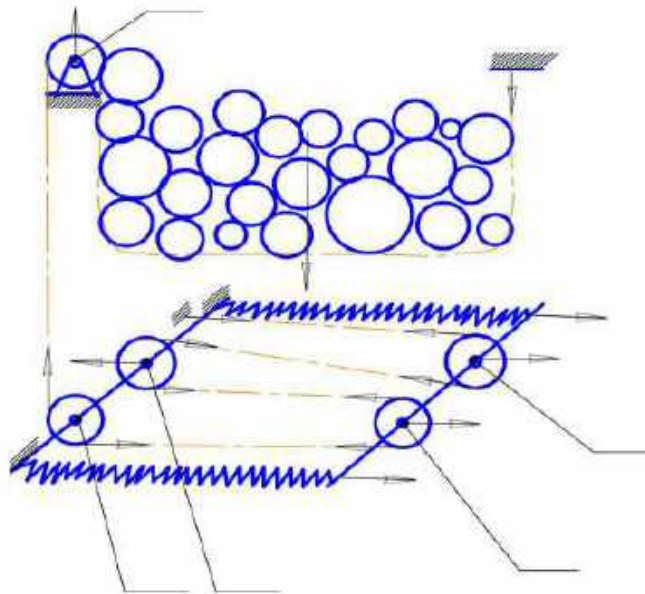
$$G_{\Phi} = 1.1 \times \frac{9.81}{2} = 54.00 \text{ кН}$$

Наступним етапом обґрунтування є визначення натягу в робочому канаті (зусилля) в різних точках і сил, що діють на осі блоків поліспасти:

Зусилля в точці 1:

$$S_0 = \frac{G\Phi}{2};$$

$$S_0 = \frac{54.00}{2} = 27.0 \text{ кН}$$



1 – напрямний блок на стійці нагромаджувача; 2, 4 – напрямні блоки на нерухомій осі механізму; 3, 5 – напрямні блоки на рухомій осі механізму.

Рисунок 2.9 – Розрахункова схема для визначення сил, що виникають в елементах конструкції лісонагромаджувача під дією технологічних навантажень в розрізі однієї вітки робочого канату нагромаджувача

Зусилля в канаті першого блока 1, становитиме:

$$S_{\Phi} = S_0 = 27.0 \text{ кН}$$

$$S_{\Phi} = S_{\Phi} h_{\text{бл}},$$

де η_{bl} – коефіцієнт корисної дії блока, встановленого на підшипниках кочення, $\eta_{bl}=0,95$

$$S_{\text{ш}} = 27,0 \times 0,95 = 25,65 \text{ кН}$$

Сила, що діє на вісь блоку в точці 1, буде становити:

$$F_1 = S_{\text{ш}} + S_{\text{ш}};$$

$$F_1 = 27,0 + 25,65 = 52,65 \text{ кН}$$

Зусилля в канаті другого блоку 2 поліспасти:

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} = 25,65 \text{ кН}$$

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} \eta_{bl};$$

$$S_{\text{ш}} = 25,65 \times 0,95 = 24,37 \text{ кН}$$

Сила, що діє на вісь поліспасти в точці 2, буде:

$$F_2 = (S_{\text{ш}} + S_{\text{ш}}) \cos \frac{a}{2};$$

де a – кут між зусиллями $S_{\text{ш}}$ та $S_{\text{ш}}$, при $a = 30^\circ$

$$F_2 = 25,65 + 24,37 \times \cos \frac{90}{2} = 35,38 \text{ кН}$$

Зусилля в канаті на третьому 3 блоці:

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} = 24,37 \text{ кН}$$

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} \eta_{bl};$$

$$S_{\text{ш}} = 24,37 \times 0,95 = 23,15 \text{ кН}$$

Сила, що діє на вісь поліспасти в точці 3, становитиме:

$$F_3 = S_{\text{ш}} + S_{\text{ш}};$$

$$F_3 = 24,37 + 23,15 = 47,52 \text{ кН}$$

Зусилля в канаті на четвертому 4 блоці, буде:

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} = 23,15 \text{ кН}$$

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} \eta_{bl}$$

$$S_{\text{ш}} = 23.15 \cdot 0.95 = 22.00 \text{ кН.}$$

Сила, що діє на вісь поліспасти в точці 4, буде:

$$F_4 = S_{\text{ш}} + S_{\text{ш}};$$

$$F_4 = 23.15 + 22.00 = 45.15 \text{ кН}$$

Зусилля, що виникає в канаті п'ятого блоку:

$$S_{\text{б}} = S_{\text{ш}} = 22.00 \text{ кН}$$

$$S_{\text{ш}} = S_{\text{б}} \cdot h_{\text{бл}}$$

$$S_{\text{ш}} = 22.0 \cdot 0.95 = 20.90 \text{ кН.}$$

Сила, що діє на вісь блоку в точці 5, становитиме:

$$F_5 = S_{\text{б}} + S_{\text{ш}};$$

$$F_5 = 22.00 + 20.90 = 42.90 \text{ кН}$$

Визначаємо зусилля, що виникають в пружині стиску. Для цього проєкуємо всі сили, що діють на рухому вісь поліспасти на вісь X.

$$F_{\text{пр}} + F_3 + F_5 + F_{\text{пр}} \Rightarrow$$

$$2 F_{\text{пр}} = F_3 + F_5$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{F_3 + F_5}{2}$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{47,52 + 42,90}{2} = 45,21 \text{ кН}$$

2.6.3. Розрахунок пружини стиску механізму зворотного ходу нагромаджувача

Для виконання розрахунку пружини механізму зворотного ходу, скористаємося відомими величинами, а саме:

- максимальне робоче навантаження пружини $P_2 = F_{\text{пр}} = 45,21 \text{ кН}$
- максимальний робочий хід пружини $h = 970 \text{ мм.}$

На основі зазначених параметрів, доцільно прийняти стандартну пружину, яка відноситься до 3 класу і виготовляється із матеріалу 50ХФА,

твердістю 46...52 HRC, що має допустиме дотичне напруження при кручуванні $[\tau]_{кр} = 1050$ МПа.

Зусилля попередньої деформації пружини становитиме:

$$P_1 = 0.1 \dots 0.5 P_2;$$

$$P_1 = 0.2 P_2;$$

$$P_1 = 0.2 \times 45.21 = 9.04 \text{ кН.}$$

Максимальне зовнішнє навантаження на пружину, становитиме:

$$P_3 = 1.1 \dots 1.3 P_2$$

$$P_3 = 1.2 \times 45.21 = 54.25 \text{ кН.}$$

Визначимо індекс пружини із залежності:

$$C = \frac{D_0}{d}$$

де D_0 – середній зовнішній діаметр пружини, мм;

d – діаметр дроту пружини, мм;

Тоді: $C = 6$

Для розрахунку діаметру дроту пружини, скористаємося формулою:

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{K P_3 C}{[\tau]_{кр}}}$$

де K – коефіцієнт, що враховує кривизну витків,

$$K = \frac{4C - 1}{4C + 1} + \frac{0.615}{C};$$

$$K = \frac{4 \times 6 - 1}{4 \times 6 + 1} + \frac{0.615}{6} = 1.02$$

$[\tau_{кр}]$ – границя міцності матеріалу пружини при крученні, Н/мм².

Тоді діаметр дроту пружини становитиме:

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{1,02 \times 4250 \times 6}{1050}} = 29 \text{ мм}$$

Відповідно, дільний діаметр пружини буде рівним:

$$D_0 = c \times d$$

$$D_0 = 6 \times 29 = 174 \text{ мм}$$

Осьова осадка одного витка пружини становитиме:

$$l = \frac{8 \times^3}{G \times d}$$

де G – модуль зсуву матеріалу дроту пружини, який для сталей становить $G = 80000$ МПа.

$$l = \frac{8 \times^3}{80000 \times 29} = 0.00075 \text{ мм}$$

Число робочих витків пружини визначається із залежності:

$$n = \frac{h}{p \times (P_2 - P_1)}$$

$$n = \frac{970}{0.00075 \times (45210 - 9040)} = 36$$

Повне число витків пружини, буде:

$$n_1 = n + (1.5 \dots 2.0)$$

$$n_1 = 36 + 2 = 38$$

Максимальна осадка пружини, виражається як:

$$d_3 = n \times p \times P_3$$

$$d_3 = 36 \times 0.00075 \times 4250 = 1465 \text{ мм}$$

Відповідно, крок витків пружини, становитиме:

$$t = d + \frac{(1.1 \dots 1.2) \times d_3}{n}$$

$$t = 29 + \frac{1.1 \times 465}{36} = 73.76 \text{ мм}$$

Загальна пружини в незавантаженому стані, становитиме:

$$H_0 = H_3 + n(t - d);$$

де H_3 – загальна довжина пружини в стисненому стані, коли сусідні робочі виткі торкаються своїми поверхнями між собою, мм

$$H_3 = (m - 0.5) \times d;$$

$$H_3 = (38 - 0.5) \times 29 = 1087.5 \text{ мм};$$

$$H_0 = 1087.5 + 36 \times (73.76 - 29) = 2699 \text{ мм};$$

Установочну довжину пружини, визначимо із формули:

$$H_1 = H_0 + n \times \lambda_1;$$

$$H_1 = 2699 - 36 \times 0.00075 \times 040 = 2455 \text{ мм}$$

Загальна довжина пружини, під дією максимального робочого навантаження в механізмі, становитиме:

$$H_2 = H_1 - h$$

$$H_2 = 2699 - 970 = 1485 \text{ мм}$$

Загальна довжина дроту, необхідно для виготовлення пружини стиску, розраховується як:

$$L = \frac{P \times D_0 \times n_1}{\cos \alpha} = 3.2 \times D_0 \times n_1$$

$$L = 3.2 \times 74 \times 36 = 20044.8 \text{ мм} = 20,05 \text{ м.}$$

2.7. Розрахунок осі та підшипника ковзання напрямного блока нагромаджувача

Судячи з розрахункової схеми, поданої на рисунку 2.4, найбільше технологічне навантаження під час експлуатації нагромаджувача, сприйматиме напрямний блок 1. Очевидно, що необхідно забезпечити його достатню міцність та надійність. Розрахункову схему напрямного блоку подано на рисунку 2.5.

1 – напрямний блок; 2 – підшипник ковзання; 3 – вісь; 4 – кронштейн кріпильний; F_1 – напрям та місце прикладання основного навантаження.

Рисунок 2.10 – Розрахункова схема напрямного блока.

2.7.1 Розрахунок на міцність осі напрямного блоку

Із розрахункової схеми на рис. 2.5 та попередніх розрахунків видно, що вісь 3 напрямного блока навантажена радіальною силою $F_1=52670$ Н. Відстань l , що відповідає довжині осі, приймаємо конструктивно $l=110$ мм.

Для виконання розрахунків, скористаємося спрощеною схемою, поданою на рисунку 2.6.

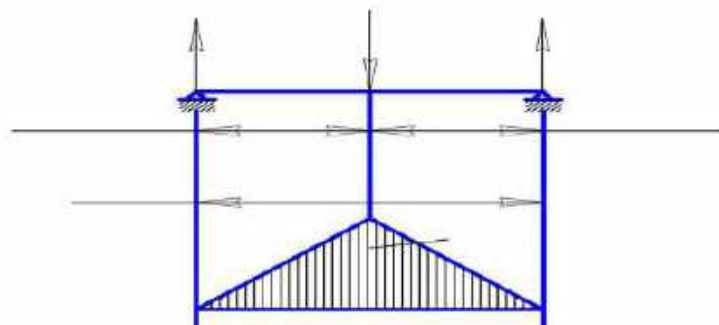


Рисунок 2.11 – Розрахункова схема осі напрямного блоку

Очевидно, що вісь напрямного блоку працює на згин і не передає крутного моменту. Виходячи із конструктивних міркувань, попередньо, приймемо діаметр осі $d_0=50\text{мм}$ та виконаємо перевірку її на міцність.

Визначаємо реакції в опорах А і В осі напрямного блоку:

$$R_a = R_b = \frac{F_1}{2}$$

$$R_a = R_b = \frac{52670}{2} = 26335 \text{ Н}$$

Максимальний згинальний момент, в найбільш небезпечному місці осі, в точці С, виражатиметься як:

$$M_{зг. \max} = 0.5 \times R_a;$$

$$M_{зг. \max} = 0.5 \times 0.11 \times 26335 = 1448 \text{ Нм}$$

Умова міцності осі матиме такий вигляд:

$$\frac{G_{зг}}{[n] \times \sigma_t} = \frac{G-1}{[n] \times \sigma_t}$$

де $G_{зг}$ – гранично допустиме напруження згину для матеріалу осей, що працюють виключно лише на згин. Для прийнятої в розрахунок сталі марки 45 ГОСТ1050-88 нормалізованої, цей показник буде: $G_{зг} = 215 \text{ МПа}$;

$G-1$ – границя витривалості матеріалу осі, яка для вуглецевих сталей визначається як:

$$G-1 = 0.43 \times G_\sigma$$

G_σ – гранично допустима міцність для матеріалу осі, яка для сталі 45, нормалізованої, рівна $G_\sigma = 610 \text{ МПа}$;

$$G-1 = 0.43 \times 610 = 262 \text{ МПа}$$

$[n]$ – прийнятий згідно рекомендацій, коефіцієнт запасу міцності осі напрямного блоку, $[n] = 1.3 \dots 3.0$;

Кт Equation.3 – значення ефективного коефіцієнту концентрації напружень на осі напрямного блоку, $k_t \text{ Equation.3} = 1,2 \dots 2,5$;

G_{zz} – робочі напруження, що виникають при дії згинальної сили на вісь в точці С, які при $M_{zz.max}$, будуть:

$$G_{zz} = \frac{M_{zz.max}}{W_x}$$

де W_x – момент опору поперечного січення осі в точці С, який при круглому січенні, виражається як:

$$W_x = \frac{\rho \cdot d^3}{32}$$

$$W_x = \frac{3.14 \cdot 0.05^3}{32} = 12.3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Розрахункове робоче напруження в точці С осі, становитиме:

$$\sigma_{G_{zz}} = \frac{1448}{12.3 \cdot 10^{-6}} = 118 \cdot 10^6 \text{ Па} = 118 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження в осі напрямного блоку, при $[n] \text{ Equation.3} = 1,3$; $k_t = 1,4$ в найбільш небезпечному перерізі буде:

$$\sigma_{G_{zz}} = \frac{262}{1.3 \cdot 1.4} = 144 \text{ МПа} > \sigma_{G_{zz} \text{ Equation.3}} = 118 \text{ МПа}$$

Судячи з отриманого результату, попередньо прийнятий діаметр осі, забезпечуватиме достатню міцність під дією реальних технологічних навантажень, що виникають в нагромаджувачі.

2.7.2 Розрахунок підшипника ковзання для напрямного блоку

Розрахунок пари ковзання: втулку підшипника ковзання перевіряємо за умовою стійкості її до зношування (допустимого питомого тиску) за наступною формулою:

$$P_m = \frac{F_1}{l_n \times d_0} \leq [P_m]$$

де F_1 – діюче зусилля, що сприймає втулка, $F_1 = 52670$ Н;

l_n – конструктивна прийнята довжина втулки (підшипника ковзання) з врахуванням довжини осі, $l_n = 0,08$ м;

$d_0 = 0,05$ м – розрахований діаметр осі, м;

$[P_m]$ – гранично допустимий питомий тиск матеріалу осі, який при матеріалові осі сталь 45 і підшипникові ковзання втулки-бронза, лежить в межах 10...15 МПа.

Рисунок 2.12 – Розрахункова схема підшипника ковзання прямого блоку механізму

Розрахунковий питомий тиск в ковзаючій парі підшипника ковзання становитиме:

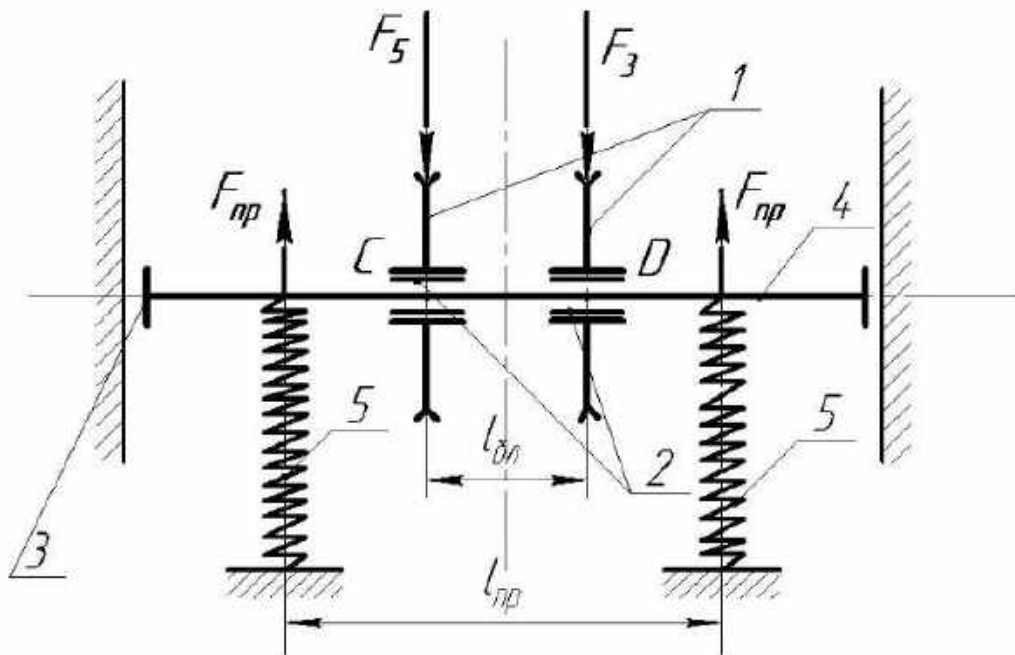
$$P_m = \frac{52670}{0,08 \times 0,05} = 13,2 \times 10^6 \text{ Па} = 13,2 \text{ МПа} < [P_m]$$

Equation.3

2.8. Розрахунок рухомої осі поліспасти і підшипників ковзання направляючих блоків

2.8.1. Конструкторське виконання і вихідні дані

Відповідно до конструкторського виконання механізму на осі розміщується два блоки (рисунок 2.4), які встановлені на підшипниках ковзання. Вісь не обертається, тобто закріплена жорстко, а переміщується поступально по направляючих в корпусі поліспасти. По обох сторонах блоків, розміщених на осі, встановлені пружини, що діють на вісь. При зростанні навантаження, пружини стискаються, а при зменшенні навантаження чи його відсутності – пружини випрямляються, повертаючи рухому вісь поліспасти у вихідне положення.



1 – напрямний блок; 2 – підшипник ковзання; 3 – напрямна переміщення осі блоків; 4 – рухома вісь з напрямними блоками; 5 – пружина, що працює на стиск

Рисунок 2.13 – Конструкторське виконання рухомого блоку поліспасти

Величини технологічних сил, що діють на блоки поліспасти:

$$F_3=47540 \text{ Н}; F_5=42900 \text{ Н}.$$

Зважаючи на напрям дії та характер прикладання сил, приходимо до висновку, що вісь працює на згин. Найбільш небезпечними січеннями осі будуть точки С і D, де прикладені сили F_3 і F_5 . Пружини, що з'єднанні з віссю в точках А і В, є опорними пружинами (опорами) для осі і їхня сила $F_{\text{пр}}$ не діє на вісь, як зовнішня згинальна сила.

Для наступних розрахунків з конструктивних міркувань, попередньо приймаємо такі відстані:

$l_{\text{бл}}$ – відстань між опорними підшипниками напрямних блоків, $l_{\text{бл}}=105$ мм;

$l_{\text{пр}}$ – відстань між кріпленнями пружин до осі, $l_{\text{пр}}=465$ мм.

2.8.2 Розрахунок рухомої осі поліспасти

Зважаючи на конструкторське виконання, рухома вісь поліспасти, працюватиме на згин, не обертається і не передає крутного моменту. Попередньо, з конструктивних міркувань, приймаємо діаметр осі $d_0=85$ мм, після чого, перевіримо, чи є прийнятий діаметр достатнім для забезпечення міцності конструкції.

Для перевірконого розрахунку осі, скористаємося відомим значенням згинального моменту $M_{зг.в}=8275 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Матеріалом осі, використаємо Сталь 45 ГОСТ 105088, нормалізована (аналогічна до вибраної в попередньому розділі), з такими технологічними характеристиками: $G_1=262 \text{ МПа}$; $[n]=1,3$; $K\tau=1,4$; $[\tau]=144 \text{ МПа}$

Момент опору січення осі в точці D при $d_0=85$ мм, буде:

$$W_x = \frac{\rho \times d^3}{32}$$

$$W_x = \frac{3.14 \times 0.085^3}{32} = 60.3 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

Робочі напруження в точці D осі, становитимуть:

$$t_{32} = \frac{8275}{60,3 \times 10^6} 137 \times 10^6 \text{ Па} = 137 \text{ МПа} < [\tau_{32}] = 144 \text{ МПа}$$

2.8.4. Розрахунок підшипників ковзання напрямних блоків

Для розрахунку, скористаємося величиною сили, яка прикладається в місяцях встановлення напрямних блоків на осі, а саме, в точках С і Д. Максимальне навантаження, що діятиме на підшипник ковзання, зокрема в точці D осі, становитиме $F_3 = 47540 \text{ Н}$.

Для розрахунку, приймемо такі конструктивно обґрунтовані розміри і величини сил: $d_0 = 85 \text{ мм}$; $l_n = 100 \text{ мм}$; $F = F_3 = 47540 \text{ Н}$.

Згідно з формулою:

$$P_m = \frac{F_1}{l_n \times d_0} \leq [P_m] \text{ Equation.3 ,}$$

отримаємо, що розрахунковий питомий тиск в підшипниковій парі ковзання становить:

$$P_m = \frac{47540}{0,100 \times 0,085} = 5,6 \times 10^6 \text{ Па} = 5,6 \text{ МПа} < [P_m] = 10..15 \text{ МПа}$$

Таким чином, підтверджено умову міцності, що означає що надійність роботи підшипників забезпечена.

2.9 Підбір стандартних деталей, елементів та вузлів конструкції

Одним із елементів конструкції нагромаджувача є його робочий канат, який прийматимемо на основі відомої максимальної ваги пакету лісоматеріалів в нагромаджувачі, який рівний вантажопід'ємності вибраного вантажопіднімального механізму, що становить 10т. Тип і марку канату з відповідними характеристиками, підбираємо за розрахованим розривним зусиллям:

$$T_{розр} = Q' \cdot g' \cdot n$$

де Q – вага вантажу, що припадає на одну робочу вітку канату, Н.

$$Q @ 5000 \text{ кг}$$

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

n – запас міцності канату, $n = 2.0$ (несучий канат).

$$T_{\text{розр}} = 5000 \cdot 9,81 \cdot 2 = 98100 \text{ Н}$$

По розривному зусиллю, що діє в робочому канаті, підбираємо стандартний канат згідно ГОСТ2688 з такими даними: $d_k = 13.0 \text{ мм}$; $\sigma_b = 1800 \text{ МПа}$; $[T_p] = 109500 \text{ Н}$ ([1]ст.162).

На основі вибраного діаметру канату d_k , вибираємо розміри стандартних напрямних блоків. Для полегшення ремонтно здатності і універсальності конструкції, всі блоки приймаємо однакового типорозміру. Для блоків, які будуть встановлені на осях поліспасти, слід виконати розточування їх отворів із 80 до 85мм, перед встановленням на вісь.

За нормативними документами на стандартні вироби, приймаємо напрямний блок з наступними розмірами:

$$D = 320 \text{ мм}; d_k = 13.0 \text{ мм}; D_1 = 276 \text{ мм};$$

$$D_2 = 170 \text{ мм}; d = 80 \text{ мм}; d_2 = 120 \text{ мм}; d_3 = 130 \text{ мм};$$

$$H = 42 \text{ мм}; h = 8 \text{ мм}; h_1 = 8 \text{ мм}; h_2 = 22 \text{ мм};$$

$$B = 22 \text{ мм}; B_1 = 40 \text{ мм}; R = 7.5 \text{ мм}; r_2 = 3 \text{ мм}.$$

Вага для чавунного напрямного блоку $\sim 9,0 \text{ кг}$.

Для стійок нагромаджувача лісоматеріалів, приймаємо коробчату форму перетину, яка виготовлятиметься із двох швелерів №14, ГОСТ 8240 – 72 виготовлених із Ст. 3 ГОСТ 535 – 58, шляхом їх зварюванням.

Параметри швелера наступні (рис. 2.9): вага 12,3 кг 1 пог.м, $h = 140 \text{ мм}$; $B = 58 \text{ мм}$; $d = 4,9 \text{ мм}$; $t = 8,1 \text{ мм}$; $R = 8 \text{ мм}$; $r = 3$; $A = 15,6 \text{ см}^2$.

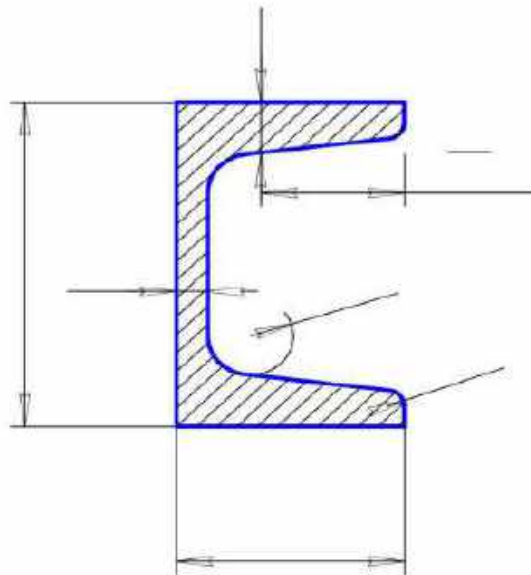


Рисунок 2.14 – Позначення параметрів швелера

В якості опорного елемента, рами конструкції нагромаджувача, приймаємо швелер №36 з такими типорозмірами і вагою: вага 1 м.пог. 41,9кг; $h = 360$ мм; $B = 110$ мм; $d = 7.5$ мм; $t = 12.6$ мм;

$$R = 14\text{мм}; r = 6\text{ мм}; A = 53,4\text{см}^2.$$

Стандарт на тип швелера і матеріал з якого він виготовляється аналогічний приведеному в попередньому випадку.

Для кріплення втулки, яка є повзуном для переміщення рухомої осі поліспасти приймаємо шурупи 6×20 за ГОСТ 1145 – 70.

Для запобігання переміщенню пружини відносно осей, виготовляємо направляючі, які представляють собою дві труби: одна з яких, труба 96×5×220 Ст 20 ГОСТ 8734 – 75 розміщується на осі, а друга, труба 220×6×100 Ст 20 ГОСТ 8734 – 75, розміщується перпендикулярно до першої і прикріплюється до неї за допомогою зварного з'єднання.

2.10 Охорона праці, навколишнього середовища та безпека в надзвичайних ситуаціях

Технологічний процес сучасного виробництва, ґрунтується на створенні безпечних умов роботи обслуговуючому персоналу, що ґрунтується першочергово на безпечній експлуатації технологічного устаткування.

Зважаючи на те, що проектоване устаткування є допоміжним і використовується лише в складі технологічної лінії, то слід розглядати питання створення безпечних умов праці для працівників та вживання заходів охорони довкілля, виходячи з умов роботи потокової лінії.

Аналізуючи причини травматизму на виробництві, можна зробити загальний висновок про те, що такі ситуації виникають як внаслідок об'єктивних так і суб'єктивних чинників. До основних чинників об'єктивного характеру першочергово слід віднести не належну організацію технологічного процесу, незадовільні умови роботи, зокрема такі як погане освітлення, відсутність огорожень обертових частин устаткування, сигналізації, відсутність блокувальних пристроїв і т.д., то до причин травматизму суб'єктивного характеру відносяться нехтування працівниками правил техніки безпеки, не дотримання режиму експлуатації устаткування, не вживання заходів щодо особистого захосту та інше.

На кожну групу чинників, що призводять до травматизму певною мірою можна впливати. Якщо на всі чинники суб'єктивного характеру вплинути неможливо, зокрема, на вплив кліматичних чинників та погоди на рівень безпеки експлуатації устаткування на відкритоому повітрі, то на чинники травматизму суб'єктивного характеру впливати можна досить успішно.

Таким чином, для уникнення травматизму під час експлуатації устаткування, слід дотримуватися правил експлуатації та підтримання устаткування в належному технічному стані. На робочому місці, мають вживатися всі необхідні заходи технічного характеру, що позитивно впливають на зменшення рівня травматизму, зокрема, встановлення блокувальних пристроїв, нанесення попереджувальних написів, використання захисних кожухів, забезпечення хорошого освітлення робочого місця і т.д.

Стосовно організації робіт, то головною умовою при цьому є уникнення перебування працівника в зоні потенційної небезпеки на всіх фазах виробничого процесу. З працівниками мають проводитися планові бесіди та проведення інструктажів з техніки безпеки, першочергово на робочому місці.

Повинні виконуватися нормативи з організації робочої зміни з відображенням перерви на відпочинок і т.д.

2.10.1 Заходи з охорони навколишнього середовища

На сьогоднішній день, охорона навколишнього середовища є головним маркером рівня організації та технічного забезпечення технологічного процесу. Проектоване устаткування стосується деревообробного виробництва, зокрема первинної переробки деревини, що надходить у вигляді стовбурів. Хоча, сировина є природного походження, однак в результаті її обробки, створюються чинники що забруднюють довкілля або мають негативний вплив.

Устаткування технологічної лінії до складу якої входить проектований нагромаджувач лісоматеріалів, має електричне живлення для забезпечення якого влаштовується електрична підстанція, перетворювачі електричного струму і т.д., це негативно впливає першочергово на дрібних мешканців довкілля таких як птахів, гризунів і т., а також людей. Саме тому такі виробництва слід розміщувати на певній санітарній відстані від житлової забудови парків відпочинку або рекреаційних зон. Додатково слід встановлювати шумопоглинаючі екрани для зменшення шумового навантаження на навколишню фауну.

Найбільш шкідливим наслідком роботи деревообробного виробництва є продукування дрібних фракцій деревини, яка утворюється під час механічної обробки деревини. Для уникнення попадання такого забруднення в довкілля, слід вживати заходи як організаційного так і технічного характеру. Встановлення додаткових вловлювачів дрібної фракції деревини, розміщення її в закритих ємкостях, що зменшує вивітрювання та попадання в атмосферу, суттєво зменшить негативний тиск на довкілля.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦІ ЛІСОНАГРОМАДЖУВАЧА

3.1. Актуальність дослідження міцності нестандартних деталей конструкції лісонагромаджувача

Лісонагромаджувач відноситься до стаціонарного устаткування з тривалим терміном експлуатації на відкритому повітрі. Це означає, що механізми устаткування мають забезпечувати безвідмовність роботи без капітального ремонту, крім регламентного технічного обслуговування в досить складних умовах, якими є великий діапазон перепадів температур, забрудненість, тривала підвищена вологість середовища та ін. Зазвичай найбільш швидкому зношуванню та поломці піддаються рухомі деталі окремих вузлів устаткування. В лісонагромаджувачі, найбільш відповідальними рухомими деталями є рухома вісь поліспасти з направляючим блоком, яка виконує зворотно-поступальний рух під дією пружини в міру заповнення лісонагромаджувача деревиною та після його розвантаження.

Зазначена рухома вісь поліспасти в процесі роботи, піддаватиметься, як значним статичним, так і досить великим динамічним навантаженням, які можуть спровокувати певні зміни в матеріалі осі. Головним чином, такі зміни викликать деформації осі як пружні так і не зворотні, що може призвести до порушення нормальної роботи механізму чи навіть виходу його із ладу. Рухома вісь є найбільш відповідальним елементом конструкції механізму натягу підтримуючого канату лісонагромаджувача. Зважаючи на специфічні особливості закріплення рухомої осі, величину і особливості технологічних сил, що діють на неї, доцільним є більш детальне дослідження її міцнісних характеристик з врахуванням матеріалу її виготовлення.

Попередніми розрахунками було встановлено місця концентрації максимальних напружень в матеріалі осі та розраховано розміри її поперечного січення, однак варто дослідити, як напруження матеріалу та його зміщення відбуватиметься на різних її ділянках, зокрема в місцях кріплення. Цю процедуру можна виконувати аналітичними розрахунками, використовуючи

теоретичні залежності опору матеріалів, а можна скористатися пакетом сучасних інженерних програм. Для нашого дослідження, скористаємося інженерною програмою SOLIDWORKS, яка дозволяє виконувати симулювання навантаження на деталь в тривимірному середовищі. Зважаючи на невеликі швидкості переміщення рухомої осі, будемо виконувати дослідження її міцності в статиці.

3.2 Основні етапи дослідження міцності рухомої осі з направляючим блоком поліспасти лісонагромаджувача

Дане дослідження практично є певною мірою, процедурою перевірки на відповідність, виконаних теоретичних розрахунків. Таким чином, під час виконання дослідження міцності, недостаючі дані будуть прийматися із теоретичних результатів розрахунків. Зокрема будуть використовуватися величина та місце зосередження технологічних сил, що діють на вісь в процесі роботи механізму, геометричні розміри осі, спосіб її закріплення та ін.

3.2.1 Розробка 3Д моделі рухомої осі поліспасти на основі отриманих розрахунковим шляхом геометричних розмірів

Просторову модель рухомої осі проектуємо в масштабі 1:1 (рис.3.1) використовуючи дані отримані розрахунковим шляхом. Тут слід відмітити, що вісь виготовлена із певної марки сталі і має суцільний переріз. Для виконання дослідження, певні елементи форми осі не мають значення, тобто, не впливають на її міцність. Такими елементами є радіуси заокруглень кромки осі, розміри та місце виконання фасок та ін. Тому, для спрощення експериментальної моделі, ці елементи не будемо представляти.

Важливо на моделі осі відобразити посадкові місця та місця прикладання технологічних сил. При цьому слід враховувати розміри, як посадкових місць так і розміри площадки прикладання технологічної сили. Це впливатиме на характер розподілу напружень в матеріалі осі, а відповідно і на достовірність результатів дослідження.



Рисунок 3.1 – Просторова модель рухомої осі поліспасти

Рухома вісь в поліспасті, матиме двостороннє закріплення, тому на моделі показуємо певну довжину з обох сторін, яку займатимуть кріпильні елементи. Крім того, на вісь діятиме розосереджена сила на площадці розміщеній по середині осі. Цю площадку також відзначаємо на осі (Рис.3.1).

3.2.2 Генерування опорних зв'язків та величини і місця прикладання технологічних сил

Опорними зв'язками осі будуть місця її закріплення в механізмі поліспасти. Вісь закріплюватиметься з двох сторін, як балка на двох опорах (рис.3.2). Навантаження на вісь діятиме по її середині в місці встановлення направляючих блоків, які створюватимуть дію розосередженої сили на певній площадці, яка відповідає проекції ступиць направляючих блоків.

Величина технологічної сили, яку сприйматиме вісь зростатиме поступово в міру завантаження лісонагромаджувача лісоматеріалами. Її максимальна величина буде при повному завантаженні. При цьому, слід додатково врахувати можливе перевантаження, яке може виникати внаслідок зміни вологості деревини чи інших чинників.

Перед введенням даних величини технологічної сили, слід звертати увагу на одиниці вимірювання. У випадку некоректного введення, отримані результати будуть недостовірними.

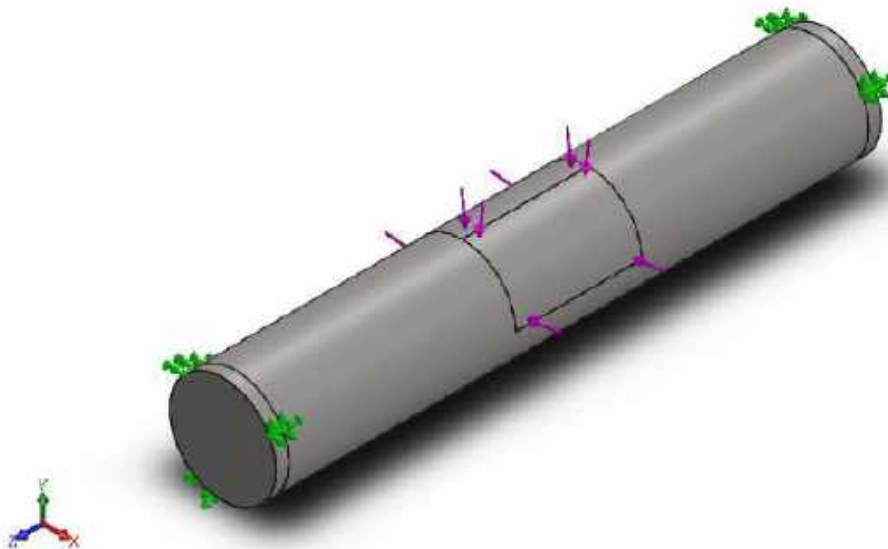


Рисунок 3.2 – Відображення зв'язків та технологічних сил на моделі рухомої осі поліспасти

Місця прикладання зв'язків та сил на вісь, можна слідкувати візуально і в разі необхідності вносити відповідні коректування.

3.2.3 Генерування сітки напружень на поверхні осі та запуск дослідження

Однією із важливих підготовчих процедур до запуску дослідження є генерування на поверхні рухомої осі сітки напружень. Густота вузлових точок сітки на одиниці площі, визначає певну точність результату. Однак при цьому слід зважати на те, що надто висока густота потребує більше часу на генерування сітки, а відповідно і більше оперативної пам'яті комп'ютера. Зазвичай висока густота сітки необхідна для дуже детального дослідження, тому в нашому випадку, використаємо середню густоту (рис.3.3). Цього буде достатньо для умов роботи рухомої осі.



Рисунок 3.3 – Згенерована сітка напружень на поверхні рухомої осі

У випадку неправильного внесення даних, генерування сітки може не відбутися. Також у випадку складних фігур, генерування сітки напружень може займати більше часу і потребує більшої продуктивності компютера. Після успішного завершення цієї процедури, можна подавати команду на безпосереднє виконання дослідження в автоматичному режимі.

3.2.4. Результати дослідження міцності рухомої осі механізму поліспасти лісонагромаджувача

Дослідження міцності деталі програма виконує в автоматичному режимі обробляючи попередньо введені вхідні дані. Результати дослідження отримуються, як у цифровому варіанті, так і у вигляді кольорових зображень деталі на яких зони з різними напруженнями чи іншими змінами показуються різними кольорами.

За отриманими результатами можна судити про характер та наслідки від дії технологічного навантаження на вісь. Візуалізується загальна картина дії навантаження на деталь. За необхідності, величину сили можна змінювати в ту чи іншу сторону, залежно від плану дослідження.

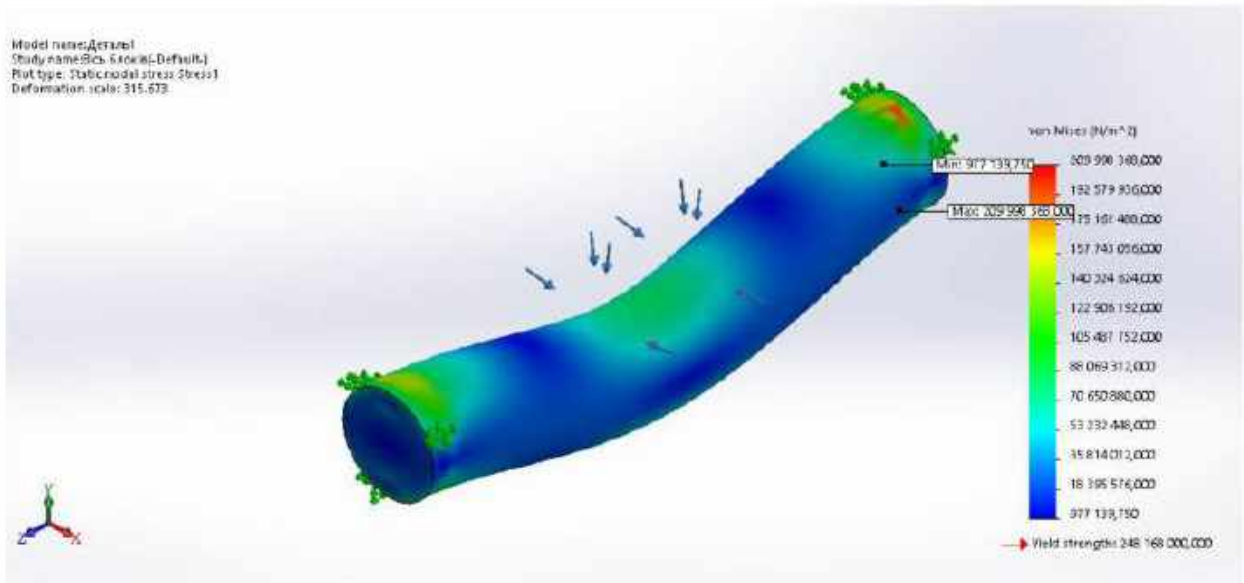


Рисунок 3.4 – Відображення напружень в матеріалі рухомої осі з напрямним блоком

Як і передбачалося, найбільші напруження в матеріалі концентруються у місці встановлення на осі на напрямних блоків, які і сприймають силу від натягу канату поліспасти. Також слід відмітити, що максимальні напруження виникатимуть по краях осі, тобто в місцях її закріплення. Очевидно, важливу роль тут відіграє спосіб закріплення осі. Очевидно, під час жорсткого закріплення осі виникають значно більші напруження в місцях розміщення зв'язків в порівнянні із, наприклад, шарнірним.

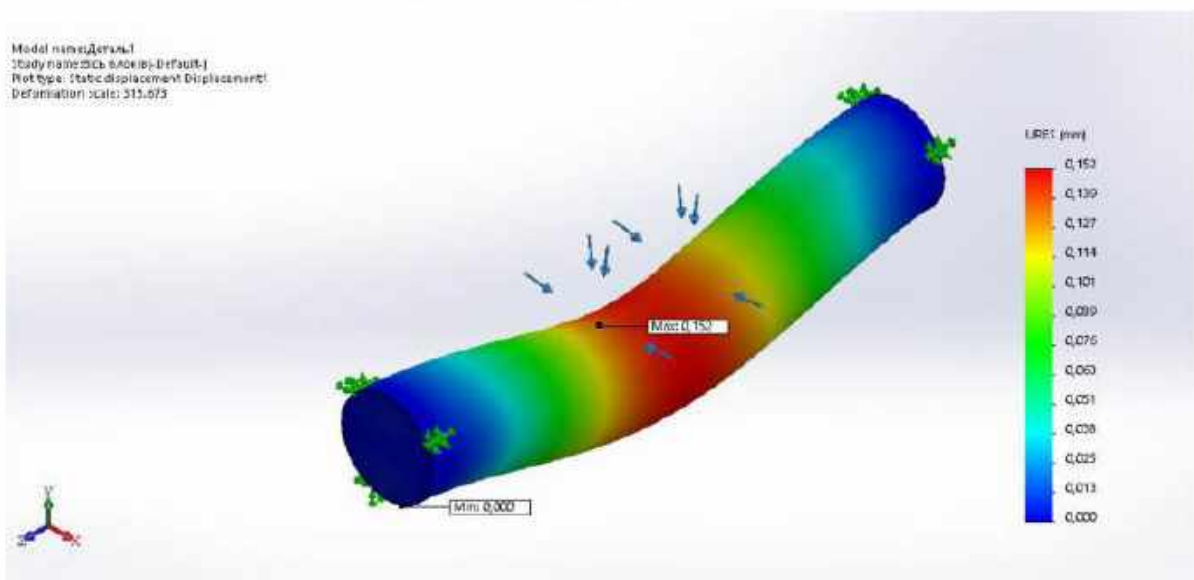


Рисунок 3.5 – Відображення зміщень матеріалу рухомої осі поліспасти

Model name: Деталь7
 Study name: Вісь блоків (Default)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion: Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 1.2

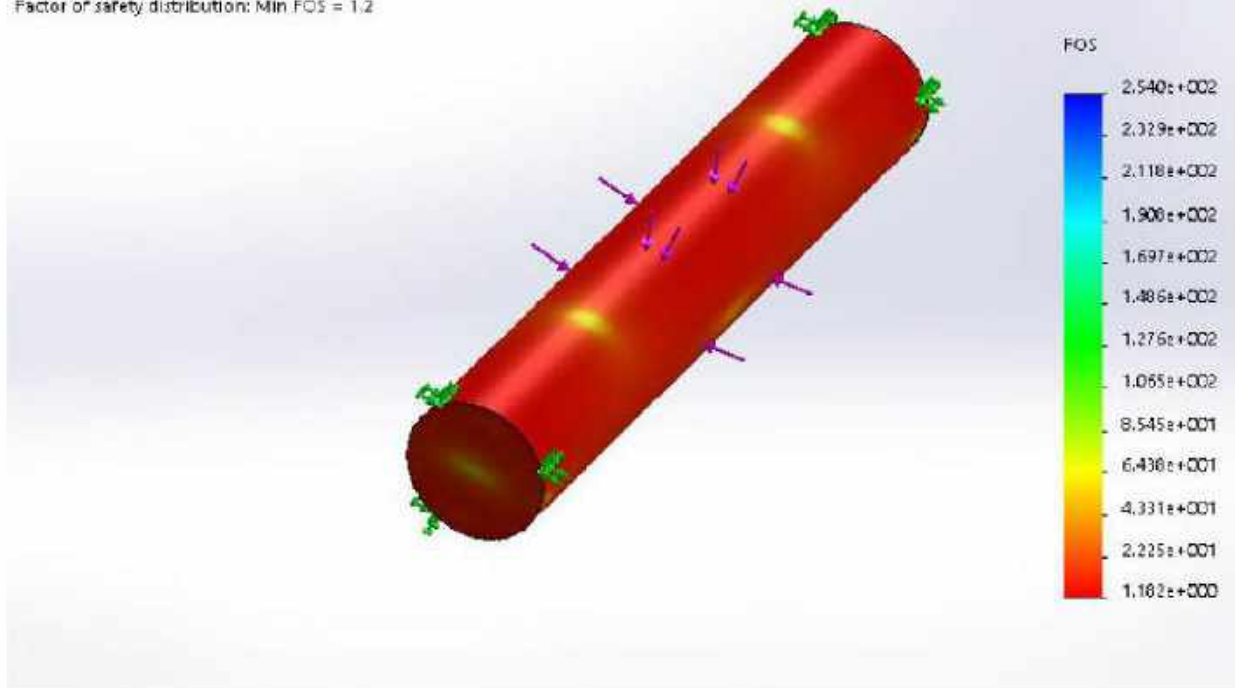


Рисунок 3.7 – Результати дослідження запасу міцності рухомої осі механізму поліспасти

Коефіцієнт запасу міцності рухомої осі складає в межах 1,5, однак при цьому слід зважати на те, що величина навантаження, яка була введена із вихідними даними, складала майже вдвічі більше значення від розрахункового. Таким чином, реальний коефіцієнт запасу міцності осі складатиме не менше 2,5, що є цілком достатньо для даного механізму.

ВИСНОВКИ

– запроєктований тип устаткування – лісонагромаджувач для сортувального транспортера, має ряд переваг перед типовими конструкціями. Основна перевага, заради якої розроблявся лісонагромаджувач – це виключення ручної праці під час сортування лісоматеріалів на вирівнювання відземків і зменшення або по можливості виключення розбіжності торців, що в подальшому виключає таку операцію, як їх вирівнювання. А отже, зменшення затрат часу на дану операцію;

– запроєктована конструкція лісонагромаджувача є простою за будовою, що забезпечує високу надійність роботи та впливає на спрощення технічного обслуговування;

– конструкція устаткування є досить енергозберігаючою, через відсутність активного приводу. Крім того виріб є мало металоємкий, деталі не складними, а для їх виготовлення використовуються прості матеріали. При потребі всі складові одиниці устаткування, крім канатів і прокату, можна виготовляти в простому металообробному цеху, що також полегшує ремонт;

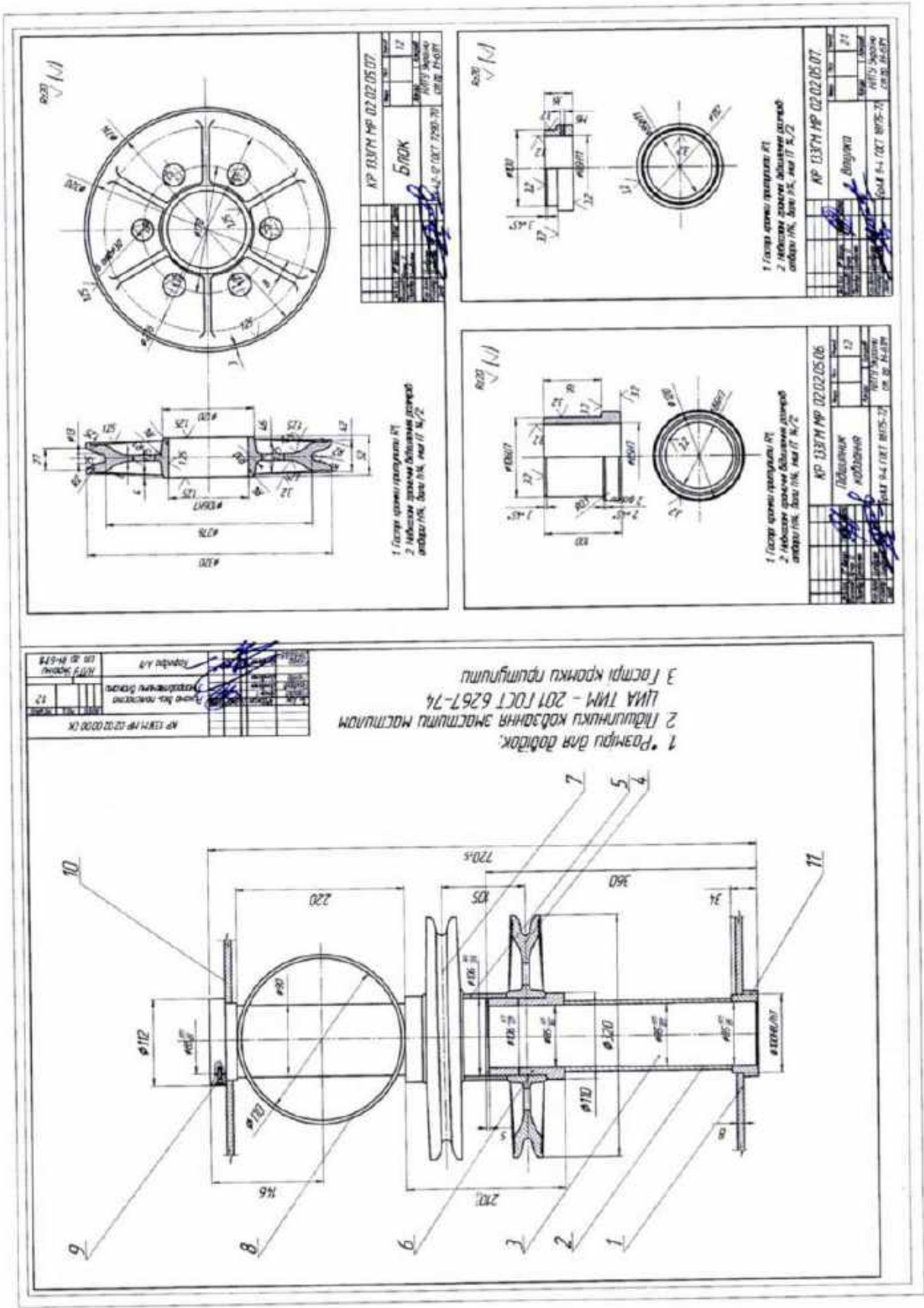
– впровадження даного устаткування у виробництво, однозначно матиме позитивний економічний ефект, який є одним із визначальних показників доцільності розробки устаткування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мазепа С.С., Марущак Я.Ю., Куцик А.С. Електрообладнання промислових підприємств. Навчальний посібник. Львів: "Магнолія Плюс", 2004 р. – 260
2. Електромеханотроніка : навчальний посібник / Ткачук В. – Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2001. – 404 с.
3. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. / А.О. Бобух. – Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с
4. Сторожук В.М., Озарків І.М., Поберейко Б.П.. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і магістерських роботах студентів спеціальності «Автоматизація управління технологічними процесами». – Львів: НЛТУУ, 2014. – 40 с.
5. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навч. посібник / Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук.- Ж.: ЖІТІ, 2000. — 332с. — ISBN 966-7570-07-Х.
6. Металорізальні інструменти: Навч. посібник. Ч.2 / П. Р. Родін [та ін.]; Київський політехнічний ін-т. — К.: ІСДО, 1993. — 180 с.
7. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с.
8. Інженерія поверхні: Підручник / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж — К.: Наукова думка, 2007. — 559 с. — ISBN 978-966-00-0655-3
9. Яковлев А. І., Сударкіна С. П., Ларка М. І. Організація виробництва: підручник. Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків: НТУ «ХПІ», 2016. 436 с.
11. Козловський В. О. Організація виробництва: Практикум: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. Ч. 1. 154 с.
12. Парницький А.Б., Шабашов А.Н., Лисяков А.Г. Мостові крани загального призначення. Харків: Машинобудування, 1981 – 328с.

13. Основи технічного сервісу транспортних засобів: навч. посіб. / Є. Ю. Форнальчик, Р. Я. Качмар; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 304 с. — [ISBN 978-617-607-582-0](#)
14. В. С. АВЕР'ЯНОВ (2017) [Конспект лекцій з дисципліни «ОРГАНІЗАЦІЯ АВТОСЕРВІСУ»](#) Кам'янське (Дніпродзержинськ), ДДТУ. 70 с.
15. [ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН](#) Зубехіна-Хайят О. В. Миколаїв: МНАУ, 2016. — 140 с.
16. [Технічний сервіс в агропромисловому комплексі](#): навчальний посібник / Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. — К.: Аграрна освіта, 2013. — 404 с. [ISBN 978-966-2007-33-6](#)
17. С. В. Клімов (2010) [ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН](#): навч. посібник/ Рівне: НУВГП. — 210 с.
18. [Будова й експлуатація автомобілів](#): Підручник. — 6-те вид. — К.: Либідь, 2006. — 400 с. [ISBN 966-06-0416-5](#).
19. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Львівська політехніка. 2017. — 324 с. [ISBN 978-966-941-002-3](#)
20. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів. Кузьмінський Р. Д., Шарибура А. О. Львів. 2017. — 376 с. [ISBN 978-966-919-290-5](#)
21. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. К.: Вища ШК., 2007. — 527 с. ISBN 978966642351
22. Станції технічного обслуговування: НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК. Клименко С. Г.// Харків: ХНАДУ. 2006. — 35 с.
23. Лудченко О. А. (2004) Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління./ К.: Знання. — 478 с. [ISBN 966-346-004-0^{\[1\]}](#)

ДОДАТКИ



Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка						
				<u>Документація</u>								
A4			KP 133ГМ.МР.02.01.00.00.ПЗ	Пояснювальна записка	1							
A1			KP 133ГМ.МР.02.01.00.00.СК	Складальне креслення	1							
				<u>Деталі</u>								
		1	KP 133ГМ.МР.02.01.01.00	обвідний блок	2							
		3	KP 133ГМ.МР.02.01.03.00	опарна плита із стійками	2							
		5	KP 133ГМ.МР.02.01.03.05	палець	2							
		6	KP 133ГМ.МР.02.01.03.06	нерухома вісь з обвідними блоками	2							
		7	KP 133ГМ.МР.02.01.03.07	пружина	4							
		8	KP 133ГМ.МР.02.01.03.08	рухома вісь з обвідними блоками	2							
				<u>Стандартні вироби</u>								
		2		канат 130-Г-Г-LL-Н-160 TULI 2688	2							
		4		шпелер ^{35 TULI 8240-72} _{5m 3T06T 535-55}	4							
				KP 133ГМ.МР.02.01.00.00.СК								
ЗМ.А.пк	№ докум	Віднос. плат										
Розроб	Ярчук Т.Г.											
Перевірив	Цимбалюк В.А.											
І.контр	Цимбалюк В.А.											
І.контр	Цимбалюк В.А.											
Затвердив												
			Лісонагромаджувач Складальне креслення			<table border="1"> <tr> <td>літера</td> <td>масп</td> <td>масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	літера	масп	масштаб			
літера	масп	масштаб										
			НЛТУ України ст.гр. ІН-61М									

