Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАВАНТАЖУВАЧА РУЛОНІВ З ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти
групи М-41
Лук'янюк Сергій Валентинович

_____
(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Толстушко Микола Миколайович

_____
(підпис)

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

_____
(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*
Кафедра *галузевого машинобудування*
Ступінь вищої освіти: *бакалавр*
Галузь знань: *13 Механічна інженерія*
Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*
Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ *В. Пуць*
«___» _____ 2025 р.

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

Лук'янюку Сергію Валентиновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи
«Модернізація навантажувача рулонів з деревної біомаси»

Керівник роботи: *к.т.н, доцент Толстушко Микола Миколайович*
затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «14» червня 2025 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Вступ.
1 Оглядова частина.
2 Проєктна частина.
3. Рекомендації з експлуатації машини.
Висновки та пропозиції.
Перелік джерел посилання. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:
1. Мета та завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження.
1 Оглядова частина.
2 Проєктна частина.
3. Висновки та пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Толстушко М.М., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Толстушко М.М., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Толстушко М.М., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «19» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Обґрунтування теми. Вступ.*	*29.03.2025 р.*	
2.	*1 Оглядова частина*	*15.04.2025 р.*	
3.	*2 Проєктна частина*	*10.05.2025 р.*	
4.	*3 Рекомендації з експлуатації машини*	*24.05.2025 р.*	
5.	*Формування списку використаних джерел*	*28.05.2025 р.*	
6.	*Формування додатків*	*01.06.2025 р.*	
7.	*Оформлення пояснювальної записки та графічної*		
	частини	*04.06.2025 р.*	
8.	*Нормоконтроль*	*04.06.2025 р.*	
9.	*Інструментальна перевірка на академічний плагіат*	*04.06.2025 р.*	
10.	*Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до*		
	захисту	*14.06.2025 р.*	

Здобувач вищої освіти _____ *(Лук'янюк С.В.)*
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *(Толстушко М.М.)*
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лук’янюк С.В. Модернізація навантажувача рулонів з деревної біомаси. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел.

У випускній роботі бакалавра виконано модернізацію навантажувача рулонів з деревної біомаси.

Ключові слова: ТРАКТОР, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПРИСТРІЙ, ТРАНСПОРТУВАННЯ, РУЛОН, ДЕРЕВИНА, ДЕРЕВНА БІОМАСА.

ANNOTATION

Lukianiuk S.V. Modernization of a wood biomass roll loader. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Industrial Mechanical Engineering" specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions and proposals, a list of sources used.

In the bachelor's graduation work, a modernization of a wood biomass roll loader was performed.

Keywords: TRACTOR, MODERNIZATION, DEVICE, TRANSPORTATION, ROLL, WOOD, WOOD BIOMASS.

					КРБ.НРД.00.00.0000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лук’янюк			Модернізація навантажувача рулонів з деревної біомаси	Літ.	Аркуш 3 / Аркушів 43
Перевір.		Толстушко				К	
Реценз.						ЛНТУ, ФТМІ, каф. ГМ, ст. гр. М-41	
Н. контр.		Мартинюк					
Затверд.		Пуць					

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ…….. 2
АНОТАЦІЯ …….……. 3
ANNOTATION ……..…….……. 3
ЗМІСТ …….…….. 4
ВСТУП ……...…….……... 6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА …….……..….. 8
1.1 Опис технологій, у яких застосовується
машина ……..……...……..…….…. 8
1.2 Опис базових машин та обладнання ……...…..……...… 10
1.3 Характеристики деревних матеріалів,
з якими працює машина …….……..……..…….....…. 20
1.4 Мета та завдання роботи……..... 21
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА…….……... 22
2.1 Обґрунтування до побудови схем машини …….……..…... 22
2.2 Обґрунтування продуктивності машини ……...……... 28
2.3 Конструювання
захоплювального пристрою
та його деталей …….…….……..…….…..... 28
3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ
РОЗРОБЛЕНОЇ МАШИНИ ..……..…….. 31
3.1 Заходи по підготовці мобільної машини
до роботи …….....……...……..…….. 31
3.2 Правила експлуатації і регулювання машини
для навантаження рулонів …….……...……... 33
3.3 Технічне обслуговування машини
для навантажування рулонів ……..……...……...…… 37
ВИСНОВКИ ……..…..... 40

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 41
ДОДАТКИ 43

ВСТУП

Лісозаготівельна галузь України є однією з найбільш перспективних та високомеханізованих сфер економіки. Аби використовувати лісові ресурси якомога ефективніше під час заготівлі деревини, необхідно повністю механізувати всі технологічні процеси, залучаючи максимум енергетичних та транспортних засобів [1-11].

З огляду на розвиток сучасних підходів до підвищення ефективності використання лісосічних відходів, з'явилася можливість впровадження нових лісових машин. Ці машини зможуть не лише зрізати деревину, але й подрібнювати її для подальшого використання як паливного матеріалу. Цінність деревної біомаси полягає в тому, що це відновлюване джерело енергії.

В останні роки у світі все частіше для зрізування рослинності використовують технології із застосуванням біобалерів. Це машини, що зрізають рослинність і формують рулони з деревної біомаси. У цій роботі модернізована машина саме для навантаження таких рулонів з подрібнених деревних відходів [1-11].

Мета та завдання роботи.

Мета роботи зосереджена на модернізації навантажувача рулонів з деревної біомаси.

Для досягнення цієї мети ми поставили перед собою кілька ключових завдань:

– спершу, потрібно зафіксувати вихідні дані, необхідні для модернізації цього навантажувача;

– проаналізували існуючі технічні засоби, призначені для навантаження рулонів;

– розробити основні схеми модернізованої машини та визначили її ключові характеристики;

– окремим етапом є модернізація конструкції захоплювального пристрою та його деталей;

– сформулювати заходи щодо експлуатації оновленої машини.

Об’єкт дослідження – процес роботи машини для навантаження рулонів деревної біомаси та встановлене на ній технологічне обладнання.

Предмет дослідження – вплив характеристик машини для навантаження рулонів деревної біомаси на її функціонування.

Методи дослідження.

Оновлюючи машину та проектуючи її компоненти, ми спиралися на фундаментальні принципи та закони таких дисциплін, як вища математика, деталі машин, теоретична механіка та теорія механізмів і машин.

1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологій, у яких застосовується машина

Розроблена в цій випускній роботі машина може бути використана не лише для подрібнення, а й для транспортування та навантаження рулонів деревної біомаси [1-11].

Під час збирання деревна біомаса подрібнюється на дрібні частинки, які називають паливною тріскою. Це відбувається шляхом різання або подрібнення за допомогою спеціальних машин. Типова паливна тріска, придатна для спалювання в котлах невисокої потужності, що часто використовуються для опалення будинків та на малих теплових електростанціях, зазвичай має розмір 1-3 см. Однак, розмір тріски може варіюватися залежно від специфічних потреб замовника та виду використовуваної сировини.

Особливо доцільно переробляти лісосічні відходи (гілки та інші залишки після очищення звалених дерев) безпосередньо на лісосіці, якщо її площа становить близько 4-5 гектарів.

Для отримання паливної тріски з деревини використовують кілька основних методів збирання біомаси:

- Потоковий метод: передбачає подрібнення та завантаження тріски одразу під час збору.

- Перевалочний метод: сировина спочатку збирається, а потім переміщується до подрібнювального обладнання.

- Роздільний метод: подрібнення та подальше транспортування відбувається окремо.

Потоковий спосіб збирання деревини вважається основним завдяки своїй ефективності. Він дозволяє мінімізувати витрати праці та коштів, забезпечуючи при цьому високу якість біосировини. Головна перевага полягає в тому, що тріска доставляється одразу до місця зберігання або переробки, уникаючи тимчасового складування у кагатах. Однак варто врахувати, що цей метод

вимагає більшої кількості транспортних засобів та, відповідно, більшої витрати пального.

Згідно з потоковим способом, деревина подрібнюється на дрібні частки (паливну тріску) і одразу завантажується в транспортні засоби, що рухаються поруч зі збиральним агрегатом [1-10].

Після цього паливна тріска транспортується безпосередньо до місця подальшої переробки або зберігання.

Для реалізації потокового збирання деревних відходів у Європі активно розробляються та використовуються біобалери. Ці спеціальні машини здатні не лише зрізати, а й подрібнювати деревну масу.

Загалом, потоковий спосіб збирання деревних відходів є найбільш економічно ефективним. Він має значні переваги порівняно з роздільно-перевалочним методом, оскільки дозволяє зменшити витрати на планування та управління, розраховані на одиницю кінцевої продукції — паливної тріски.

Окрім потокового, існують ще два методи збирання деревних відходів: перевалочний та роздільний.

При перевалочному способі збирання біомаси подрібнювальна машина може вивантажувати подрібнену масу прямо в ємність транспортного причепа, що рухається поруч. Цей метод допомагає зменшити простої подрібнювальних машин, підвищити їхню продуктивність та ефективність використання транспорту. Однак, варто врахувати, що перевалочний спосіб може призводити до додаткових витрат на операції навантаження біосировини.

Транспортування тріски з полів на значні відстані часто здійснюється за допомогою спеціальних тріскovозів. Ці машини обладнані підкузовними транспортерами або самоскидними бункерами з можливістю бічного розвантаження. Вага такого тріскovоза без вантажу становить близько 25 тонн, а за один рейс він може перевезти до 40 тонн тріски.

Роздільний спосіб заготівлі паливної тріски переважно використовується підприємствами, які виробляють її на продаж. Цей метод дозволяє зменшити витрати на планування, управління та інші операції, розраховані на один

кубічний метр виробленої паливної тріски. Зазвичай роздільна заготівля паливної тріски застосовується на невеликих площах лісозаготівлі [1-10].

1.2 Опис базових машин та обладнання

У лісовому господарстві використовуються різні типи навантажувачів, кожен з яких має свої особливості та застосування. Зазвичай їх поділяють на фронтальні, поворотні та перекидні, а також виділяють щелепні машини[1-10].

Фронтальні навантажувачі піднімають та опускають захватний пристрій. Їм доводиться виконувати складні маневри на майданчиках, у лісових або польових умовах. Це може створювати певні незручності в роботі, погіршувати стійкість самої машини, а також призводити до пошкодження ґрунту та опорної поверхні.

У поворотних навантажувачів захватний пристрій з деревиною (цілою або подрібненою) може не лише підніматися та опускатися, а й повертатися в горизонтальній площині відносно базового трактора. Проте, завантаження довгих вантажів з поворотом у горизонтальній площині може бути досить незручним.

Перекидні навантажувачі забезпечують поворот вантажозахватного обладнання з вантажем у вертикальній площині приблизно на 180 градусів. Вантаж переміщується через навантажувач, що дещо скорочує цикл завантаження.

Щелепна навантажувальна машина — це по суті трактор, оснащений захоплювачем у вигляді щелеп, що розсуваються. Завдяки гідравлічному приводу та спеціальній стрілі, яка має кілька з'єднань, така машина може захоплювати вантаж, піднімати його, переносити через себе та акуратно укладати на транспортний засіб.

Тракторні щелепні навантажувальні машини стають дедалі популярнішими в лісозаготівельній галузі, поступово витісняючи інші види навантажувальних засобів. Це зумовлено їхніми значними перевагами.

Насамперед, щелепні навантажувачі дозволяють повністю відмовитися від ручної праці під час завантаження деревинних матеріалів. Усі ручні операції, такі як зачеплення та відчеплення вантажу, які є неминучими при використанні машин з канатно-блоковим обладнанням, повністю виключаються.

Іншою надзвичайно важливою перевагою цих машин є їхня висока маневреність. Ця особливість дозволяє не будувати спеціальні вантажні естакади та не встановлювати громіздкі стріли. Підготовка навантажувальних пунктів при використанні щелепних навантажувальних машин зводиться до одного етапу — простого розчищення майданчика.

Завдяки маневреності щелепних навантажувальних машин та відносно низьким витратам на облаштування навантажувальних майданчиків, можна збільшити кількість таких пунктів уздовж доріг. Це, своєю чергою, дозволяє зменшити відстані трелювання, що значно підвищує продуктивність транспортних засобів, які використовуються для перевезення завантажених платформ.

Щодо самого процесу завантаження транспортних засобів, найкращим способом вважається підвішування. Вантаж, обсяг якого відповідає вантажопідйомності транспортного засобу, захоплюють вантажними канатами. Потім за допомогою трактора його піднімають на висоту 2,5-3,0 м. Транспортний засіб з причепом подається під вантаж заднім ходом, після чого вантаж опускають та надійно підв'язують.

Завантаження транспортних засобів методом підвішування є досить простим і ефективним. Його перевага полягає в тому, що вантаж опускається на машину плавно, без ударів. При підніманні вантаж обтягується канатом, ущільнюється, що дозволяє йому легко вписатися в габарити, обмежені бортами або стійками машини та причепа.

Для вантажно-розвантажувальних робіт також застосовуються різні типи кабельних кранів: одноніткові та двоніткові.

Часто можна зустріти автомобільні самонавантажувальні машини. Деякі з них використовують канатне завантаження (наприклад, моделі ЛТ-24 на базі

"Уралу", ЛТ-25 на базі ЗІЛ-131 та ЛТ-26 на базі МАЗ-509), інші ж оснащені маніпуляторами для завантаження лісоматеріалів або деревинних відходів, подрібнених біобалером під час збирання.

Щелепні навантажувальні машини дозволяють повністю відмовитися від ручної праці при виконанні завантаження лісових вантажів, що значно підвищує ефективність та безпеку робіт.

Зарубіжні колісні навантажувачі зазвичай створюються на базі колісних тракторних шасі. Їхнє технологічне обладнання, що складається з вантажопідйомних ферм і вантажного захоплення, має шарнірно-важільний тип і оснащене гідравлічним приводом. Варто зазначити, що ці машини переважно є фронтальними, мають чотириколісну схему з віссю копання, що зміщується, та всі провідні колеса. Порівняно з гусеничними аналогами, вони вирізняються значно вищою швидкістю руху та маневреністю.

Фронтальний навантажувач Т229 польського виробництва (рис. 1.1) – це машина, що монтується безпосередньо на рамі трактора. Цей навантажувач розроблений для широкого спектра операцій: навантаження, розвантаження та транспортування різноманітних матеріалів. До них відносяться вапно, гній, картопля, гравій, пісок, мінеральні добрива, буряк, а також дерево та рулони подрібнених відходів деревини.

Навантажувач Т229 також ефективно застосовується для транспортувальних операцій на лісосіках, зокрема в місцях перероблення деревинних відходів.

Залежно від типу виконуваних робіт, машина може бути оснащена різними захватними пристроями, серед них:

- захоплювачі для рулонів, колод, силосу.
- вила для рулонів, гною та соломи, а також для різних піддонів.
- ківш для торфу чи відходів деревини.
- грейфер.
- навантажувач снігу та інші.

Фронтальний навантажувач Т229 має наступні ключові характеристики:

Рисунок 1.1 – Фронтальний навантажувач Т229
марки Metal-Fach (Польща)

- максимальна вантажопідйомність: 1300 кг.
- висота піднімання: 3475 мм.
- робочий тиск у гідросистемі: 16 МПа.
- максимальна робоча швидкість: 10 км/год.
- максимальна транспортна швидкість: 15 км/год.
- маса навантажувального обладнання: 650 кг.

Ці параметри свідчать про те, що Т229 є універсальним і потужним інструментом для різноманітних завдань у сільському та лісовому господарстві.

Українське підприємство виробляє захватний пристрій для тюків марки А.ТОМ 800 (рис. 1.2), призначений для піднімання, транспортування та штабелювання рулонів з різноманітних рослинних, включно з деревними, матеріалів. Цей тип навісного обладнання значно підвищує економічність та ефективність виконуваних операцій. Він дозволяє легко й безпечно піднімати, транспортувати та укладати важкі круглі рулони, не пошкоджуючи їх. Пристрій

Рисунок 1.2 – Пристрій захватний для тюків А.ТОМ 800 (Україна)

легко монтується як на телескопічні, так і на фронтальні навантажувальні машини.

Захватний пристрій А.ТОМ 800 має високоміцну зварну рамну конструкцію та трубчастий профіль з вигнутими лапами, які ідеально повторюють форму циліндричних рулонів. Відсутність гострих елементів і плавні вигини деталей на конструкції є ключовими для запобігання пошкодженню пакувального або обандеролювального матеріалу, що дозволяє дбайливо вантажити рулони.

Такі захватні пристрої встановлюються на фронтальні та телескопічні навантажувачі, зокрема, на машини марки JCB. Вантажопідйомність пристрою становить 800 кг. Рівномірне стискання лап забезпечує плавну та надійну фіксацію рулонів під час їхнього транспортування, що мінімізує ризик їхнього падіння чи деформації.

Продовжуючи огляд обладнання для роботи з рулонами, розглянемо додаткові характеристики українського захватного пристрою А.ТОМ 800 та ознайомимося з деякими іншими моделями фронтальних навантажувачів.

Захватний пристрій А.ТОМ 800 має такі габаритні розміри та вагу:

- ширина: 1200 мм

- висота: 1240 мм

- глибина: 1590 мм

- маса: 296 кг

Ці компактні розміри та відносно невелика вага роблять його зручним для агрегатування з різними навантажувачами.

Іноземна фірма Амкодор пропонує мобільний фронтальний навантажувач ПРМ-0,4 (рис. 1.3), створений на базі трактора МТЗ-82.1. Ця машина вирізняється хорошими маневровими характеристиками і призначена для роботи з рулонами масою до 400 кг, діаметром до 1500 мм та висотою до 1200 мм.

Рисунок 1.3 – Фронтальний навантажувач ПРМ-0,4

Інший фронтальний навантажувач FRONTLIFT (рис. 1.4) позиціонується як незамінний помічник для роботи з рулонами різних рослинних матеріалів. Він значно полегшує процеси захоплення, транспортування, навантаження, розвантаження та складування рулонів.

Конструкція робочого органу машини FRONTLIFT дозволяє збирати та укладати рулони без пошкодження пакувального матеріалу. Вона може піднімати та опускати рулони на висоту до 3,4 метра (виміряно від нижнього краю рулону). Завдяки можливості рівномірного захоплення рулонів, робочий процес значно пришвидшується, роблячи його більш ефективним.

Рисунок 1.4 – Фронтальний навантажувач FRONTLIFT

Фронтальний навантажувач ПФС-0,75 (рис. 1.5), який базується на тракторі МТЗ-82.1. Ця машина оснащена змінними робочими органами, що робить її надзвичайно універсальною.

ПФС-0,75 призначений для виконання широкого спектра вантажно-розвантажувальних робіт, а також для переміщення, укладання та складування рулонів. Конструктивно навантажувач має навісну гідрофіковану раму, що дозволяє швидко та легко встановлювати його на трактор.

Рисунок 1.5 – Фронтальна навантажувальна машина ПФС-0,75

Така гнучкість у використанні робить ПФС-0,75 ефективним помічником у сільському господарстві, лісозаготівлі та інших галузях, де потрібна робота з рулонами та іншими сипучими чи штучними матеріалами.

Захватний пристрій BVG 2200 (рис. 1.6) — це універсальне рішення для роботи з рулонами різних рослинних матеріалів. Він легко встановлюється на телескопічні та фронтальні навантажувачі, що робить його дуже гнучким у використанні.

Цей пристрій може захоплювати та переміщувати не лише циліндричні рулони, а й квадратні тюки. Він працює з рулонами діаметром від 800 мм до 2200 мм, а його вантажопідйомність варіюється від 1000 кг до 1500 кг. Маса самого пристрою становить 390 кг.

Рисунок 1.6 – Пристрій захоплювальний BVG 2200 для рулонів, сформованих з різних рослинних матеріалів

Ключовою особливістю BVG 2200 є шарнірне закріплення лап. Це забезпечує обладнанню більшу рухливість під час захоплення рулону, що допомагає уникнути пошкодження його пакувального чи обв'язувального матеріалу. Лапи в цій конструкції стискаються рівномірно, забезпечуючи однакове зусилля по всій поверхні рулону. Це значно зменшує ймовірність втрати рулону під час його транспортування, підвищуючи надійність і безпеку роботи.

Польський фронтальний навантажувач PRONAR LC3 (рис. 1.7) розроблений для ефективного виконання операцій з навантаження та розвантаження різноманітних рулонних вантажів.

Однією з ключових переваг цієї машини є простота та швидкість встановлення навісного обладнання. Це дозволяє оперативно здійснювати як монтаж, так і демонтаж елементів навантажувача на тракторі. Стріла

Рисунок 1.7 – Навантажувач фронтальний PRONAR LC3

навантажувача LC3 оснащена спеціальною рамою, яка уможливлює монтаж обладнання без використання додаткових інструментів, а також підтримує встановлення навісного обладнання з ЄВРО-кріпленням, що робить його сумісним з широким спектром аксесуарів.

Навантажувач містить надійну опорну конструкцію, що монтується безпосередньо на тракторі, і саме до неї закріплюється стріла. Така конструкція забезпечує стабільність та надійність під час роботи.

Стріла фронтального навантажувача PRONAR LC3 вирізняється своєю легкою рамною конструкцією, оснащеною двома парами гідроциліндрів. Це забезпечує їй необхідну міцність та функціональність для ефективної роботи.

Ось її ключові технічні характеристики:

- Вантажопідйомність:
- У нижньому положенні: 1820 кг
- У верхньому положенні: 1220 кг
- Максимальна висота завантаження: 3,48 м
- Робоча швидкість: 6 км/год
- Маса стріли: 408 кг

Ці показники свідчать про те, що стріла PRONAR LC3 є потужним і водночас легким компонентом, здатним ефективно справлятися з вантажами на значній висоті.

1.3 Характеристики деревних матеріалів, з якими працює машина

Біомаса розподіляється на дереві доволі нерівномірно. Приблизно 60-65% маси припадає на стовбур, тоді як на гілки – 10-15%. Верхівка дерева становить близько 5%, пеньок – 5-10%, а коріння – 10-20%.

Порода подрібнених деревних відходів у рулонах може бути різною. Важливою характеристикою є вологість сировини, яка впливає на її механічні властивості. Для кращого зберігання та просушування рулони з деревними матеріалами розміщують на спеціальних майданчиках під накриттям. Щоб прискорити процес сушіння, особливо в центральній частині, під час формування рулону в ньому роблять отвір.

Порода подрібнених деревних відходів може бути різною. Вологість сировини у рулонах визначає його механічні та інші характеристики. У рулонах деревні матеріали краще зберігаються на спеціальних майданчиках під накриттям. Там вони просихають за деякий час. Для покращення процесу сушіння рулонів в центральній частині рулону роблять отвір під час формування

1.4 Мета та завдання роботи

Метою цієї роботи є модернізація навантажувача рулонів з деревної біомаси. Для досягнення поставленої мети ми визначили кілька ключових завдань.

По-перше, необхідно зібрати вихідні дані, що є основою для подальшої модернізації. Далі ми проаналізуємо існуючі технічні рішення для навантаження рулонів. Наступним кроком буде розробка основних схем оновленої машини та визначення її ключових характеристик. Важливим етапом також є модернізація конструкції захоплювального пристрою та його складових. Насамкінець, ми сформулюємо рекомендації щодо експлуатації модернізованої машини.

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування до побудови схем машини

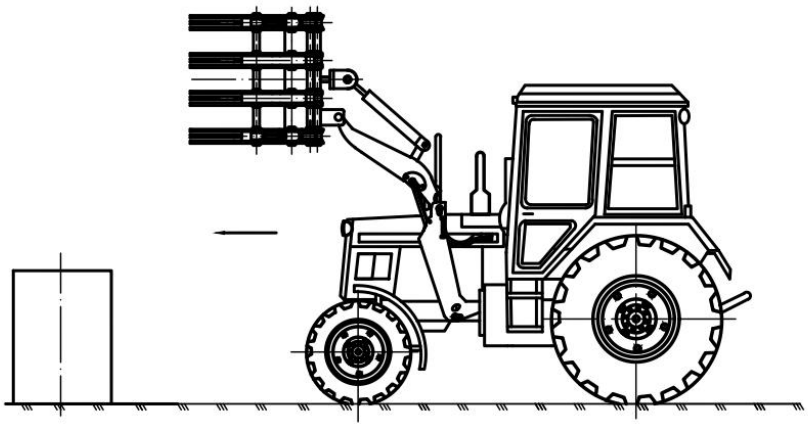
2.1.1 Обґрунтування для структурної та функціональної схем машини

Функціональна схема створена, щоб пояснити процеси, які відбуваються під час роботи фронтального навантажувача рулонів, і є корисною для дослідження функціонування машини.

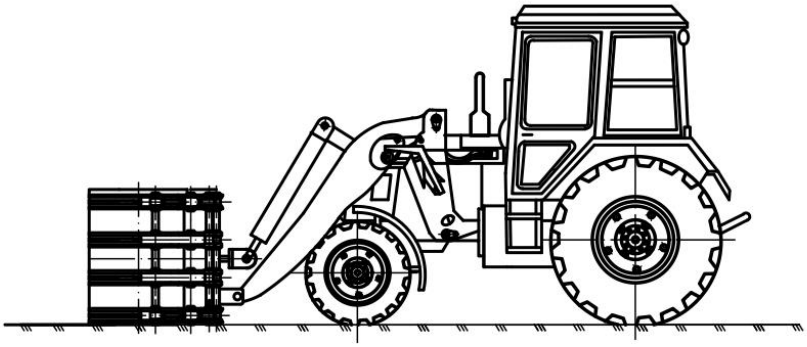
Структурна схема роботи машини показана на рис. 2.1. На її основі розробляється функціональна схема, яка чітко відображає всі важливі операції (рис. 2.2).

Рисунок 2.1 – Структурна схема машини для навантаження рулонів з деревної біомаси

1. Машина рухається до рулону з деревної біомаси



2. Захоплювальний пристрій машини затискає рулон з деревної біомаси



3. Машина транспортує та навантажує рулон з деревної біомаси на прицеп рулоновоза

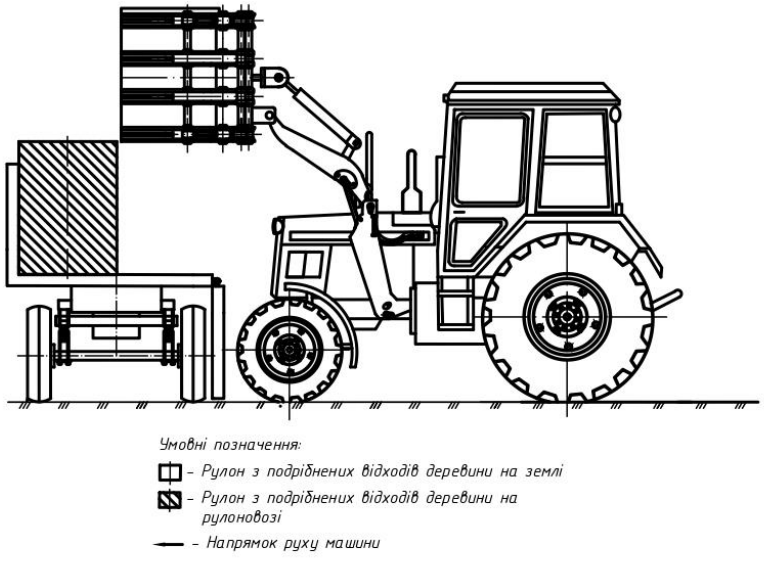


Рисунок 2.2 – Функціональна схема навантажувача рулонів деревини

Коли фронтальний навантажувач працює, його захоплювальний пристрій бере рулон з подрібнених порубкових залишків, щільно його затискає, піднімає, а коли досягає місця вивантаження, розмикається, і рулон опускається на транспортний засіб.

Нахил захоплювального пристрою під час розвантаження можна регулювати, переставляючи вісь, що фіксує тягу-штовхач.

2.1.2 Обґрунтування гідравлічної схеми навантажувача рулонів

Навісна гідросистема трактора МТЗ-952 забезпечує стабільну роботу навісного пристрою (рис. 2.3). Вона дозволяє регулювати навісне обладнання за допомогою позиційного, силового та висотного принципів.

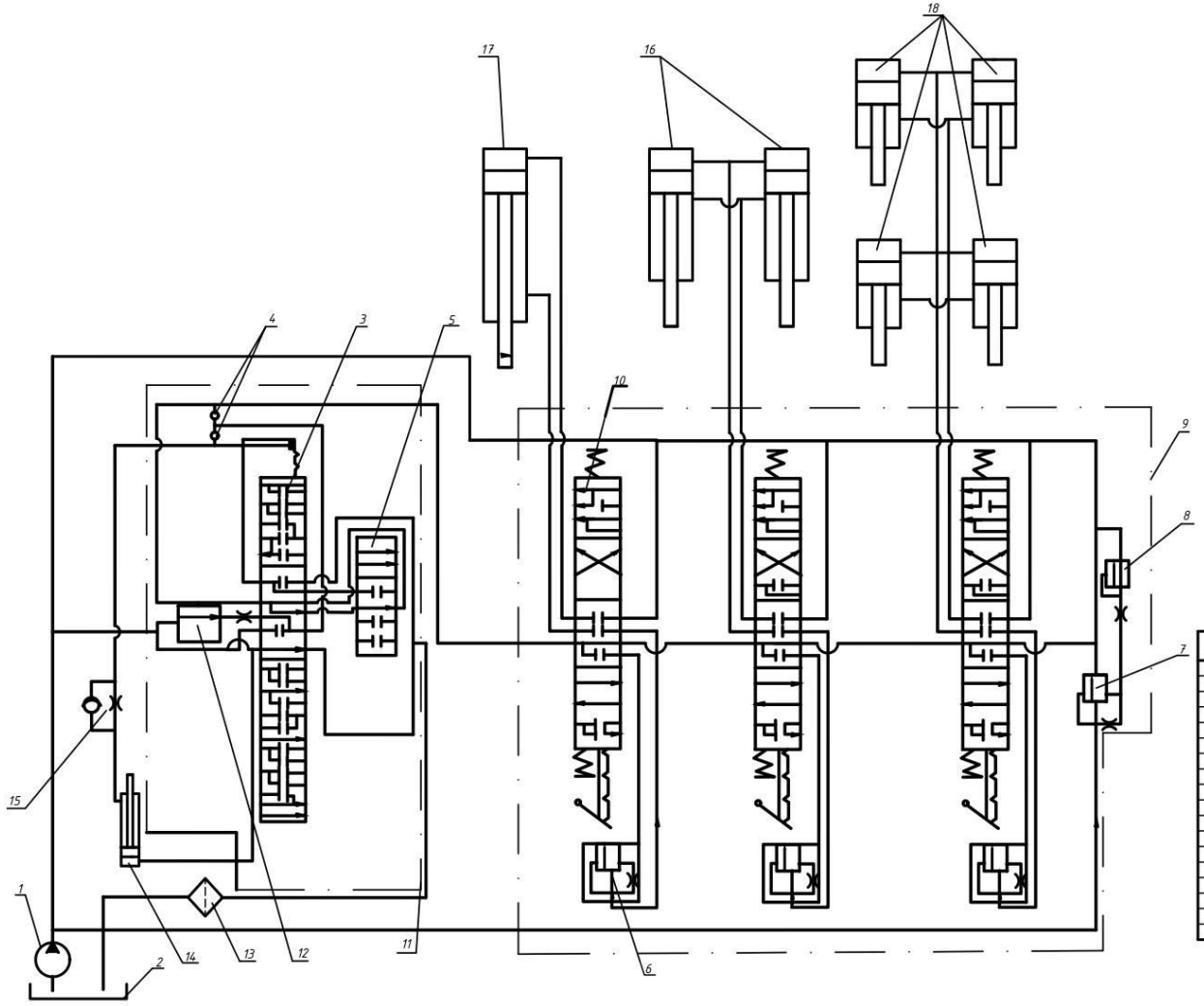
Гідросистема трактора включає такі основні елементи, як насос, маслобак, зворотні клапани, гільза, золотники, клапани автоповернення золотника, переливний та запобіжний клапани, гідророзподільник, силовий регулятор, фільтр, гідропідсилювач, гідроциліндри стріли, гідроциліндр повороту захватного пристрою та гідроциліндри захватного пристрою.

Насос відповідає за засмоктування робочої рідини з бака та подачу її до гідророзподільника. Звідти трубопроводи направляють робочу рідину до гідроциліндрів.

Трактор МТЗ-952 має три пари незалежних виводів: дві пари бічних та одну пару задніх. Усі вони закінчуються швидкознімними муфтами, призначеними для під'єднання виносних циліндрів, таких як гідроциліндри стріли, рукояті та захоплювального пристрою.

У гідравлічній системі трактора запобіжний клапан, сповільнювальний клапан і клапан фільтра виконують такі функції:

Запобіжний клапан, встановлений у розподільнику, захищає систему від перевантаження. Він обмежує тиск у діапазоні від 18 МПа до 20 МПа. Якщо тиск зростає вище зазначеного рівня, потік масла автоматично починає зливатися назад у бак через цей клапан.



№	Найменування	Кільк.	Примітка
1	Насос	1	
2	Бак	1	
3	Гільза	2	
4	Зворотній клапан	1	
5	Золотник	1	
6	Клапан автоповернення золотника	3	
7	Клапан перелівний	1	
8	Клапан запобіжний	1	
9	Гідророзподільник	1	
10	Золотник	3	
11	Силовий регулятор	1	
12	Клапан	1	
13	Фільтр	1	
14	Гідропідсилювач	1	
15	Клапан	1	
16	Гідроциліндр стріли	2	
17	Гідроциліндр повороту захватного пристрою	1	
18	Гідроциліндр захватного пристрою	4	

Рисунок 2.3 – Гідравлічна схема машини, яка навантажує рулони з деревної біомаси

– сповільнювальний клапан розташований безпосередньо в циліндрі. Його функція полягає в тому, щоб зменшувати швидкість опускання навісного обладнання;

– клапан фільтра знаходиться в корпусі фільтра. Він обмежує тиск зливу масла в діапазоні від 0,3 до 0,4 МПа. Якщо фільтрувальний елемент засмічується, потік масла зливається в бак саме через цей клапан, обминаючи сам фільтр.

2.1.3 Обґрунтування принципової схеми машини

Фронтальна машина для навантаження рулонів з різних відходів деревини базується на колісному тракторі МТЗ-952, на якому спереду встановлено спеціальне технологічне обладнання (рис. 2.4).

Таке розташування обладнання обрано для кращої зручності використання, адже рух заднім ходом є менш комфортним.

На рамі трактора змонтовано вантажну стрілу із захватним пристроєм для рулонів.

Сама стріла є підіймальним механізмом, що дозволяє транспортувати рулон за найкоротшою траєкторією в робочій зоні. Підйом стріли здійснюється за допомогою гідроциліндрів.

Всі вузли та агрегати машини закріплені на жорсткій звареній рамі коробчатого типу. У передній частині цієї конструкції розташований двигун трактора. Його задня частина приєднана до муфти зчеплення, а спереду двигун закріплений за допомогою шарнірної опори.

На передньому брусі трактора розміщено водяний і масляний радіатори, механізм керування температурним режимом двигуна та гідропідсилювач керма. За двигуном знаходяться механізми силової передачі від коробки передач трансмісії трактора.

Необхідно відзначити, що трактори МТЗ мають хороші показники, а їх конструкція зручна в експлуатації.

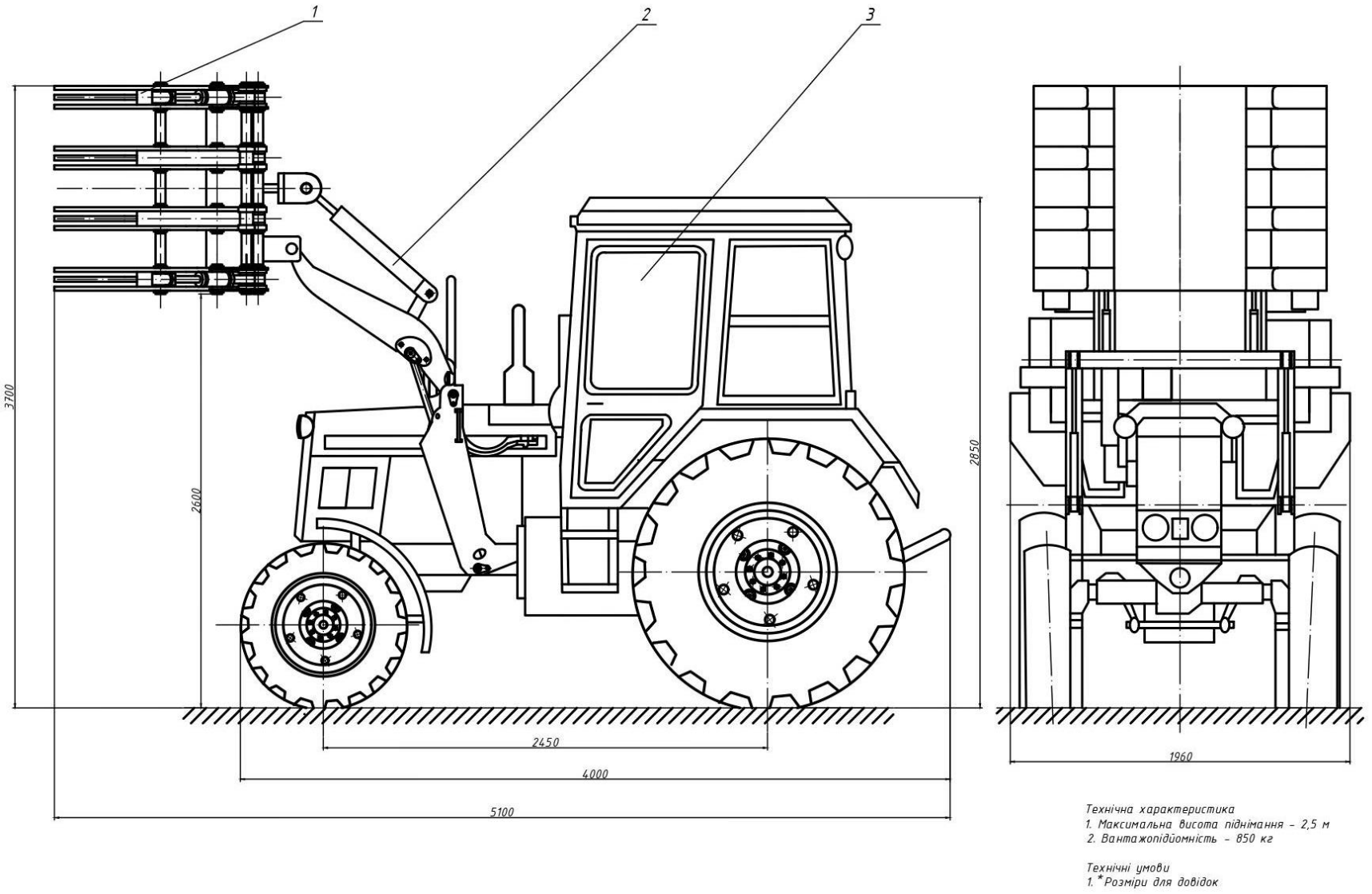


Рисунок 2.4 – Принципова схема машини для навантаження рулонів з деревини:

1 – захоплювальний пристрій; 2 – стріла; 3 – трактор МТЗ-952

2.2 Обґрунтування продуктивності машини

Визначаємо технічну продуктивність машини за формулою:

$$П = \frac{G_p}{T} = \frac{G_p}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}, \text{ кг/год,} \qquad (2.1)$$

де G_p – маса рулону, кг;

T – час для виконання робочого циклу, с;

t_1 – час для перенесення стріли і опускання захватного пристрою, с;

t_2 – час захоплення рулону, с;

t_3 – час закривання захвата, с;

t_4 – час відривання та піднімання рулону, с;

t_5 – час перенесення рулону, с;

t_6 – час розвантаження рулону, с;

t_7 – час піднімання стріли машини, с;

t_8 – час холостого перенесення стріли машини, с.

Отже, після підстановки відповідних значень маси рулону та часу для окремих операцій, одержимо значення продуктивності машини:

$$П = \frac{G_p}{T} = \frac{450}{8+10+4+5+8+3+3+6} = 9{,}57 \text{ кг/с=34,45 т/год.}$$

2.3 Конструювання захоплювального пристрою та його деталей

Відповідно до завдання кваліфікаційної роботи, ми розробили конструкцію захоплювального пристрою (рис. 2.5). Він призначений для захоплення, піднімання та завантаження рулонів деревини.

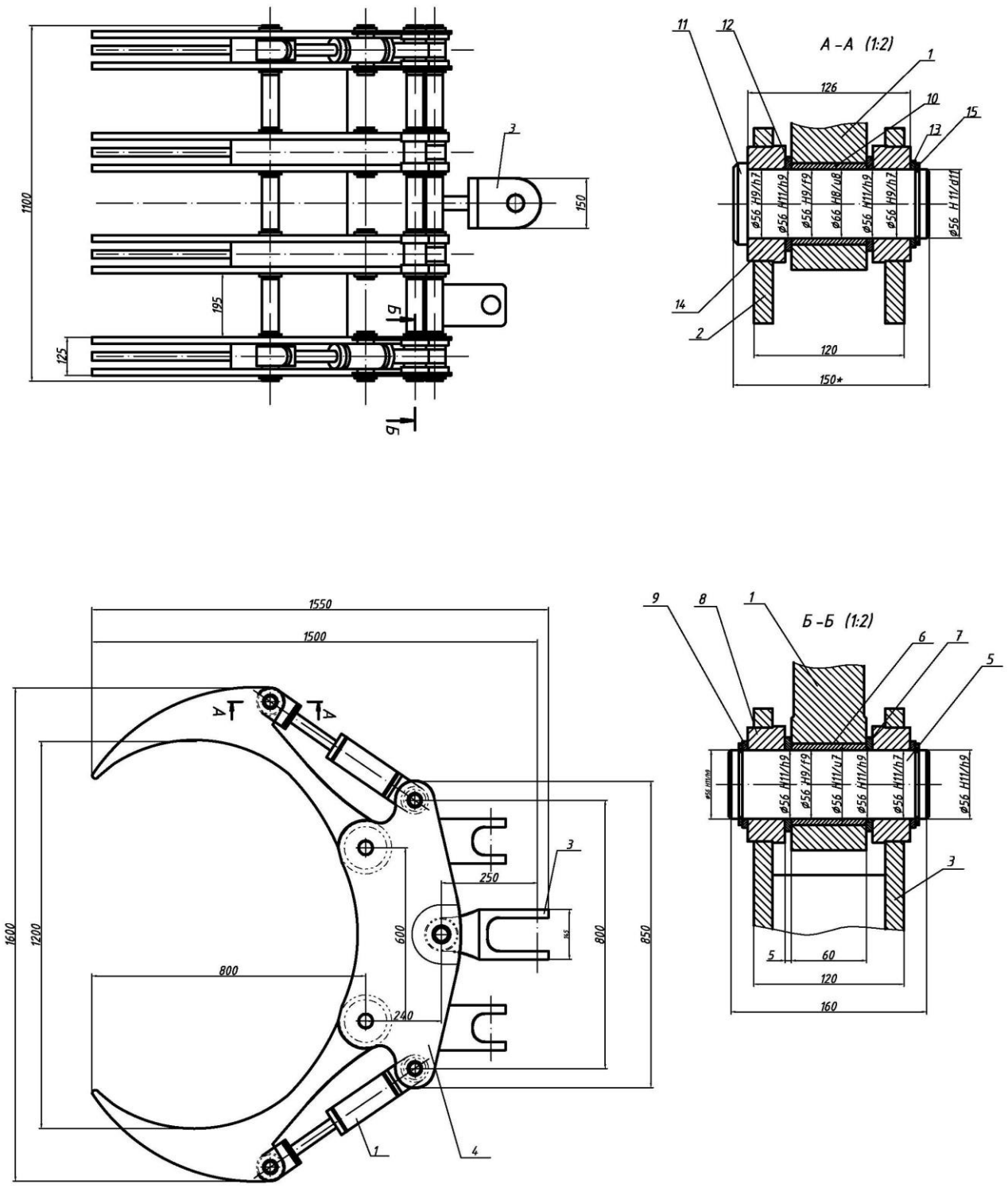


Рисунок 2.5 – Захватний пристрій для навантажувача рулонів (позиції розшифровані у додатку)

Складальне креслення захоплювального пристрою, розроблене на основі його конструктивного компонування, чітко показує послідовність і порядок

складання вузла. Воно також дає змогу проконтролювати габаритні, установчі та приєднувальні розміри.

Сам захоплювальний пристрій складається з лівого та правого захватів. Вони кріпляться до коромисла за допомогою пальця та кронштейнів. Гідроциліндри забезпечують стискання та розтискання захватів, що необхідно для піднімання та розвантаження рулонів.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНИ

3.1 Заходи по підготовці машини до роботи

При отриманні нового рулонного навантажувача спершу необхідно розпломбувати двері кабіни та кришки двигуна. Далі слід перевірити комплектність машини згідно з описом, наявність експлуатаційних документів та комплекту запасних частин та приладдя (ЗІП). Після цього видаліть консерваційне мастило зі штоків гідроциліндрів та інших частин навантажувача.

Під час візуального огляду рулонного навантажувача оцініть наступні показники:

- Надійність кріплення всіх складових частин.

- Міцність затягування різьбових з'єднань, а також якість шплінтування гайок, осей і пальців.

- Стан з'єднань і кріплень гідравлічних трубопроводів та електричних дротів.

- Надійність встановлення та фіксації важелів і ручок на панелі керування.

- Достатній рівень рідини та мастила.

Після візуального огляду необхідно заправити навантажувач паливно-мастильними матеріалами.

Перед заправкою обов'язково загальмуйте навантажувач стоянковим гальмом і повністю заглушіть двигун. Потім проведіть ще один візуальний огляд, звертаючи увагу на:

- Надійність кріплення всіх болтових з'єднань.

- Відсутність пошкоджень металевої конструкції рами.

- Відсутність витоків рідини у всіх вузлах та трубопроводах систем навантажувача.

Перед першим запуском нового рулонного навантажувача, або того, що довго не використовувався, розмістіть його на рівній горизонтальній поверхні. Перш за все, перевірте рівень палива в баку.

Далі зарядіть акумуляторні батареї. Після зарядки встановіть їх у спеціальний ящик, розташований з лівого боку машини (по ходу руху), підключіть проводи та закрийте кришку.

Перед тим, як заводити навантажувач, переконайтеся, що:

- Рукоятки перемикання передач, реверсування та управління гідророзподільником знаходяться в нейтральному положенні.

- Педалі перебувають у вільному стані.

- Важіль ручного газу максимально опущений до підлоги.

- Рукоятка стоянкового гальма знаходиться в положенні "загальмовано".

- Додаткові рукоятки діапазонів встановлені в положення 1 діапазону.

- Рукоятка увімкнення заднього моста може займати будь-яке положення, залежно від того, чи буде навантажувач переміщатися в робочому або транспортному режимі.

Встановіть важіль керування навантажувачем у нейтральне положення, потім увімкніть вимикач "маси". Утримуючи газову педаль у положенні максимальної подачі палива, поверніть ключ стартера у положення "II". Утримуйте його до моменту запуску дизеля, але не довше 15 секунд. Якщо дизель не завівся, наступну спробу можна робити не раніше, ніж через 30-40 секунд. Якщо після трьох таких спроб двигун так і не запустився, необхідно знайти та усунути несправність.

Після запуску дизель повинен працювати на малих обертах до моменту, поки не вимкнеться сигнальна лампа аварійного падіння тиску дизельного мастила. Якщо індикатор не згасне протягом 10 секунд, негайно зупиніть двигун і з'ясуйте причину несправності.

Під час прогрівання дизеля переконайтеся у відсутності будь-яких підтікань палива, мастила або води. Також важливо перевірити повну справність ліхтарів, стоп-сигналів, фар, покажчиків поворотів, звукового сигналу та склочисників.

Після прогрівання дизеля перевірте показники контрольних приладів. Для цього за допомогою педалі газу встановіть номінальну частоту обертання

колінчастого вала, попередньо переконавшись у повній справності всіх сигнальних лампочок.

Під час рушання навантажувача з місця та під час його руху необхідно виконати такі дії:

1. Підніміть захоплювач рулонів у транспортне положення, приблизно на 400 мм від землі.

2. Відпустіть стоянкове гальмо.

3. Перевірте роботу управління поворотами вправо-вліво і переконайтеся, що на шляху руху немає перешкод.

4. Переведіть важіль управління діапазонами у потрібний діапазон, переключіть важіль передач на необхідну передачу, а потім перемкніть реверсний важіль у бажаному напрямку.

5. Поступово натискайте на педаль газу, збільшуючи оберти дизеля.

6. Перевірте справність робочих гальм.

3.2. Правила експлуатації і регулювання машини для навантажування рулонів

Експлуатація рулонного навантажувача складається з кількох ключових етапів, кожен з яких є важливим для забезпечення ефективної та безпечної роботи машини.

Перш за все, це обкатка навантажувача. Цей початковий етап дозволяє всім рухомим частинам машини притертися, що є критично важливим для довговічності та оптимальної роботи. Під час обкатки слід дотримуватися особливих рекомендацій щодо навантаження та швидкості, щоб уникнути передчасного зносу деталей.

Наступний важливий аспект – дотримання експлуатаційних вказівок. Це включає регулярне технічне обслуговування, перевірки рівнів рідин, контроль стану шин, гальмівної системи та інших важливих вузлів. Дотримання цих

вказівок допомагає запобігти несправностям та підтримувати навантажувач у робочому стані.

І, звичайно, головним елементом експлуатації є безпосередньо робота на навантажувачі. Це включає виконання всіх функцій, для яких машина призначена, з дотриманням правил безпеки та ефективності. Правильне керування, своєчасне обслуговування та увага до стану машини під час роботи є запорукою її довгої та продуктивної служби.

3.2.1 Обкатка машини для навантажування рулонів

Коли в лісгосп надходять нові машини, вони повинні бути запломбовані, мати набір інструментів та запасних частин, а також інструкцію з експлуатації від заводу-виробника. Важливо, щоб техніка була повністю укомплектована і справна. Якщо виявлено некомплектність, складається відповідний акт, за яким виробник або ремпідприємство повинні усунути недоліки.

Після приймання машини обов'язково проводиться її обкатка. Це необхідно тому, що на заводі перевіряють лише загальну працездатність та здійснюють початкову приробку з'єднаних деталей. Остаточна (експлуатаційна) обкатка відбувається вже у виробничих умовах, її тривалість залежатиме від марки двигуна або самої машини. Прості лісогосподарські машини перевіряють безпосередньо перед початком роботи та в процесі експлуатації.

На початку обкатки у машині підтягують наявні кріплення, заправляють паливний бак, заливають рідину в охолоджувальну систему та перевіряють рівень мастила. Обкатка містить в собі 3 етапи обкатки: двигуна на холостому ходу, машини на холостому ходу, машини під навантаженням.

Обкатка двигуна на холостому ходу зазвичай проходить у кілька етапів. Спершу двигун обкатують при мінімальній частоті обертання колінчастого вала, потім при номінальній і, зрештою, при максимальній частоті обертання.

В процесі необхідно слухати роботу двигуна, перевіряти на підтікання мастила та води, а також стежити за показами приладів. Одночасно обкатують і

редуктор лебідки, обертаючи барабан і намотуючи на нього канат. Також перевіряють роботу гідравлічної системи, періодично піднімаючи та опускаючи тяги.

Обкатка машини на холостому ходу

Під час обкатки машини на холостому ходу необхідно по черзі перевіряти роботу на всіх передачах. На цьому етапі важливо уважно оцінити керованість трактора, перевірити покази всіх приладів, а також переконатися у справності гальмівної системи. Крім того, слід уважно прослухати роботу двигуна, звертаючи увагу на будь-які незвичні шуми.

У процесі цієї обкатки також потрібно кілька разів увімкнути та вимкнути вал відбору потужності, а також механізм гідравлічної навіски, щоб перевірити їхню працездатність.

Після завершення обкатки на холостому ходу обов'язково перевірте рівень палива та мастила, а також замініть мастило в картері двигуна. Цей крок є критично важливим для видалення частинок, що утворилися внаслідок притирання нових деталей.

Важливість обкатки рулонного навантажувача

Обкатка рулонного навантажувача — це не просто рекомендація, а обов'язковий підготовчий етап перед тим, як машина почне повноцінно працювати. Цей процес життєво важливий для того, щоб усі нові деталі та вузли машини притерлися один до одного належним чином.

Якщо обкатку проведено недостатньо ретельно або неякісно, це може призвести до значного скорочення терміну служби важливих компонентів навантажувача. Адже під час перших годин роботи відбувається інтенсивне притирання, і якщо його не контролювати, це може спричинити надмірний знос або навіть пошкодження.

Саме тому під час обкатки потрібно суворо дотримуватися всіх розроблених правил експлуатації. Це включає дотримання рекомендованих навантажень, швидкостей та інших параметрів. Крім того, необхідно ретельно проводити технічне обслуговування, що охоплює перевірку рівнів рідин,

підтягування кріплень та інші процедури, які допоможуть виявити та усунути потенц

Під час обкатки рулонного навантажувача важливо, щоб підйом стріли та повертання захоплювача відбувалися плавно, починаючись відразу після ввімкнення рукоятки розподільника. Категорично заборонено виконувати максимальні підйоми стріли та повертання захоплювача в цей період, оскільки такі дії створюють надмірний тиск на гідравлічну систему.

Рух навантажувача, як у транспортному, так і в робочому режимах, слід починати з першої передачі. У робочому режимі повороти навантажувача ліворуч і праворуч виконуються з мінімальним радіусом, а в транспортному – за допомогою плавних поворотів. Наступним етапом є експлуатаційна обкатка, яка триває 50 мотогодин. Протягом цього часу рулонний навантажувач має працювати в полегшеному режимі. У перші 25 мотогодин роботи навантаження на двигун не повинно перевищувати 50%. У наступні 25 мотогодин роботи навантаження на двигун має бути не більше 75%.

У цей період рекомендується використовувати навантажувач для роботи з легкими матеріалами невеликої об'ємної маси, при цьому перевагу слід віддавати транспортним операціям.

Після завершення обкатки необхідно провести контрольний огляд рулонного навантажувача та усунути всі виявлені несправності. Також обов'язково слід провести повну заміну мастила і виконати планове технічне обслуговування № 1 (ТО-1). Це забезпечить довговічність та надійність роботи машини.

3.2.2 Експлуатаційні вказівки

Тривалий термін служби рулонного навантажувача значною мірою залежить від правильної експлуатації. Це передбачає глибокі знання машиністом та обслуговуючим персоналом будови машини, правил її експлуатації, технічного обслуговування та коректного зберігання. Крім того, нормальна та

надійна робота всіх складових частин забезпечується лише за умови використання якісного палива, мастил та інших експлуатаційних матеріалів.

Щоб цього досягти, необхідно суворо дотримуватися таких основних правил:

- Постійна готовність до роботи: Рулонний навантажувач завжди має бути достатньо заправлений паливом, відповідними мастильними матеріалами, робочою рідиною в гідравлічних системах та охолоджувальною рідиною. Він повинен бути готовий до негайної експлуатації.

- Чистота та надійність кріплень: Підтримуйте машину в чистоті та регулярно перевіряйте належний стан кріплень усіх складових елементів. Особливу увагу приділяйте колесам, механізмам рульового управління та навантажувальному устаткуванню.

- Дотримання схем заправки та змащування: Заправку паливом та змащення всіх вузлів навантажувача слід проводити суворо відповідно до розроблених схем та таблиць змащування.

- Контроль шуму та вібрацій: Під час роботи машини не допускайте підвищених шумів і стукотів. Вони можуть свідчити про несправності або неправильну роботу її складових частин, тому потребують негайної уваги.

- Оптимальні робочі режими: Підбирайте робочі режими таким чином, щоб двигун експлуатувався з повним або близьким до повного навантаження. Це забезпечує максимальну ефективність та запобігає перевантаженню або роботі в неефективних режимах.

Дотримуючись цих простих, але вкрай важливих правил, ви значно підвищите продуктивність та продовжите термін служби вашого рулонного навантажувача.

3.3 Технічне обслуговування машини для навантажування рулонів

Правильна організація праці під час технічного обслуговування (ТО) має вирішальне значення. Вона дозволяє швидко та якісно провести обслуговування

або ремонт машини. Існують різні форми організації ТО. В одних випадках обслуговування виконує механізатор, за яким закріплена машина. В інших – це робить виїзна бригада безпосередньо на місці роботи агрегату. Ще в деяких випадках ТО проводить бригада в майстернях.

Найбільш перспективною формою вважається бригадне обслуговування. Цей підхід дозволяє механізувати трудомісткі процеси ТО, значно підвищити якість виконаних робіт і, що важливо, не відволікає механізатора від його основної роботи.

Засоби, що використовуються для технічного обслуговування машин, поділяються на стаціонарні та пересувні. До стаціонарних належать спеціалізовані пункти та станції техобслуговування.

В лісовому господарстві основною базою для ТО є пункт технічного обслуговування (ПТО). Типовий ПТО — це комплекс, обладнаний усім необхідним:

На ПТО здійснюють:

- Планові технічні обслуговування.
- Заправку агрегатів нафтопродуктами.
- Усувають несправностей та здійснюють поточний ремонт.
- Підготовляють та встановлюють машин на зберігання.
- Збирання та регулювання нових лісогосподарських машин.

Крім того, на пункті технічного обслуговування обов'язково повинні бути передбачені службово-побутові будівлі для персоналу.

Під час проведення періодичних технічних обслуговувань необхідно здійснювати діагностування машин. Для цього застосовується, наприклад, діагностична установка КІ-13905 на базі автомобіля УАЗ-452. Вона дозволяє визначити понад 50 параметрів технічного стану двигуна. Ця установка оснащена дослідними зразками приладів, за допомогою яких можна перевіряти та, за потреби, регулювати всі основні механізми та вузли машин.

У майстернях лісгоспів для проведення технічної діагностики також використовуються переносні комплекти діагностичних приладів, який допомагає виявляти та усувати типові несправності машин.

Зважаючи на це, слід систематично контролювати стан машин та окремих вузлів. Щоб забезпечити безперебійну та ефективну роботу техніки, виявлені несправності необхідно усувати своєчасно.

На практиці ми використовуємо планово-попереджувальну систему технічного обслуговування та ремонту машин. Це означає, що всі заходи з обслуговування проводяться обов'язково та у встановлені терміни. Кожен тип техобслуговування передбачає певний перелік робіт, що гарантує підтримання техніки в належному стані.

Технічне обслуговування лісогосподарських машин є ключовим для підтримки їхньої справності. Воно охоплює комплекс обов'язкових операцій, які забезпечують економічність роботи машин та запобігають передчасному зносу й поломкам деталей та вузлів.

Основне завдання рулонного навантажувача з вантажним обладнанням — це захоплення рулону, його транспортування та вивантаження у визначене місце або до відповідного транспортного засобу.

Технічне обслуговування навантажувача проводиться, аби підтримувати його в постійно робочому стані. Це передбачає виконання низки запланованих робіт, якими забезпечується:

- Постійна технічна готовність до використання.

- Максимальний час експлуатації без потреби в ремонті.

- Усунення причин, що можуть призвести до зношування, або викликати несправності чи поломки вузлів.

- Мінімальність витрат експлуатаційних матеріалів (пальне, мастило).

Змащувальні та кріпильні роботи є обов'язковими. Регулювальні роботи та усунення несправностей виконуються за потребою. Важливо, що несправності, виявлені під час експлуатації, потрібно намагатися усунути одразу, не чекаючи

ВИСНОВКИ

Модернізація навантажувача рулонів з деревини, оснащеного спеціальним захоплювальним пристроєм, дозволило зробити такі основні висновки:

По-перше, розроблена конструкція захоплювального пристрою для навантажувача рулонів деревних відходів значно підвищує ефективність операцій із захоплення, транспортування та розвантаження рулонів.

Ефективність впровадження рулонної технології збирання деревної біомаси в значній мірі буде залежати від основних технічних засобів її забезпечення.

По-друге, в ході роботи був проаналізований технологічний процес лісозаготівельних операцій із застосуванням фронтальної машини для навантаження рулонів деревини. Це дозволило обґрунтувати доцільність використання фронтального навантажувача рулонів саме на базі трактора МТЗ-952.

По-третє, були чітко сформульовані мета та основні завдання модернізації навантажувача рулонів, надані вихідні дані для його проектування, а також обґрунтовані схеми машини та визначені параметри як самої машини, так і її робочого органу.

Нарешті, були розроблені ключові рекомендації щодо правильної експлуатації, вчасного ремонту та технічного обслуговування навантажувача рулонів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісогосподарських робіт: Підручник. 4-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2006. – 488 с.

2. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт. – Львів: Український державний лісотехнічний університет: «Тріада плюс», 2003. –352 с.

3. Технологія та технологічне обладнання лісозаготівлі [Текст] : методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Лісове господарство» галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство спеціальності 205 Лісове господарство денної та заочної форм навчання / уклад. Н.О. Толстушко, М.В.Вржещ. – Луцьк : Луцький НТУ, 2021. – 100 с.

4. Проектування самохідних лісових машин: конспект лекцій для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної і заочної форм навчання / Н.О. Толстушко. – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 68 с.

5. Проектування самохідних лісових машин [Текст] : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів другого (магістерського) рівня освітньо-професійної програми «Обладнання лісового комплексу» галузь знань 13 Механічна інженерія спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання / уклад. Н.О. Толстушко. – Луцьк : Луцький НТУ, 2019. – 48 с.

6. Конструкції лісових машин: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. Н.О. Толстушко. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 48 с.

7. Білик Б.В., Адамовський М.Г. Проектування самохідних лісових машин: Вибір параметрів, компонування і тяговий розрахунок: Навч. посібник. – Львів: “ЗУКЦ”, 2004. – 156 с.

8. Білик Б.В., Адамовський М.Г. Теорія самохідних лісових машин: Навч. посібник. – Київ-Львів: ІЗМН, 1998. – 208 с.

9. Машини і обладнання для лісового господарства: посібник / за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 192 с.

10. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 322 с.

11. Зінько Р.В., Крайник Л.В., Горбай О.З. Основи конструктивного синтезу та динаміка спеціальних автомобілів і технологічних машин: монографія. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019. 256 с.

ДОДАТКИ