

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 навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини колісним трактором

Виконав: студент групи ІН-61м
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування,
освітньо-професійної програми
Промисловий інжиніринг
Смаль-Стоцький В. Б.

Керівник: Цимбалюк Ю. І.

Рецензент: Павлюк Р. 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

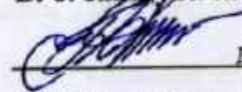
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма Промисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри АЛІ



доц. Бакай Б. Я.

" 02 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Смаль-Стоцькому Володимирі Богдановичу

1. Тема роботи Розроблення навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини колісним трактором.

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 трелювання деревини колісною
самохідною технікою; предмет дослідження – навісне обладнання до колісного
трактора для безчокерного трелювання деревини

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

1. Загальна характеристика процесу трелювання деревини та технічні
вимоги до трелювального обладнання

2. Розроблення навісного обладнання для безчокерного трелювання
деревини

3. Дослідження міцності деталей кліщового віброзахопу

4. Висновки

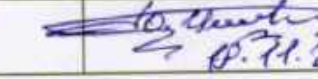
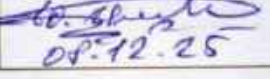
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Робочі креслення навісного трелювального обладнання для
безчокерного трелювання деревини із деталюванням окремих вузлів.

2. Результати дослідження міцності деталей трелювального обладнання.

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	 09.11.25	 09.12.25

7. Дата видачі завдання 02.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

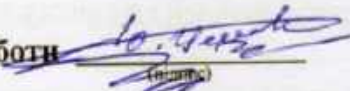
Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика процесу трелювання деревини та технічні вимоги до трелювального обладнання	02.10.2025-20.10.2025 р.	
2	Розроблення навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини	21.10.2025-17.11.2025 р.	
3	Дослідження міцності деталей кліщового віброзахопу	18.11.2025-08.12.2025 р.	
4	Формування висновків та оформлення кваліфікаційної роботи	09.12.2025-15.12.2025 р.	

Студент


(підпис)

Смаль-Стоцький В. Б.

Керівник роботи


(підпис)

Цимбалюк Ю. І.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 77с., 3 ч., 22 рис., 3 табл., 4 дод., 23 літературних джерела.

Тема: «Розроблення навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини колісним трактором»

Ключові слова: трелювання; трелювальна машина; трелювальний трактор; навісне трелювальне обладнання; кліщовий захоп.

Об'єкт дослідження – технологічний процес трелювання деревини колісною самохідною технікою

Предмет дослідження – навісне обладнання до колісного трактора для безчокерного трелювання деревини

Мета роботи – підвищення ефективності процесу трелювання, зменшення трудомісткості операції та покращення функціональних характеристик навісного трелювального обладнання

Методи дослідження – ознайомлення з практичними напрацюваннями трелювання лісоматеріалів колісною самохідною технікою, вивчення досвіду країн Європейського союзу та ознайомленням із продукцією вітчизняних і зарубіжних виробників трелювального обладнання;

– аналіз наукових публікацій у вітчизняних і зарубіжних наукових виданнях, патентний пошук за тематикою роботи та огляд спеціальної літератури;

– аналітичний огляд прототипного трелювального обладнання, аналіз конструкцій та шляхів удосконалення;

– застосування системного аналізу та передових методів пошуку технічних рішень з метою розроблення навісного трелювального устаткування для колісних самохідних засобів;

– дослідження окремих конструкційних елементів обладнання з метою перевірки їх надійності, використовуючи сучасне програмне забезпечення для симуляції навантажень.

Виконання більшості лісогосподарських заходів, пов'язаних із прорідженням лісового насадження, потребує застосування малогабаритної техніки із відповідним технологічним устаткуванням, хоча більшість такого устаткування виготовляється для потужних машин або машин середнього класу. Це призводить до необхідності проектування і виготовлення навісного трелювального обладнання для легких машин, чому і присвячена дана робота, перший розділ якої стосується аналізу ситуації в плані застосування малогабаритної техніки та розробці технічних вимог до навісного трелювального обладнання.

В другому розділі роботи, виконане теоретичне обґрунтування конструкції навісного трелювального обладнання для малогабаритної базової машини, виконані проектно-конструкторські розрахунки на основі яких розроблене креслення найбільш відповідальних вузлів обладнання та основних деталей, що входять до його складу.

Окремі деталі найбільш важливих вузлів обладнання потребують детального дослідження на міцність, позаяк їх поломка загрожуватиме втраті функціональних можливостей обладнання. Планування і реалізація та результати зазначеного дослідження подані в третьому розділі роботи, завершується робота узагальненими висновками.

ABSTRACT

Master's qualification work: 77p., 3 parts, 22 fig., 3 tables, 4 appendices, 23 literary sources.

Topic: " Development of attachments for choke-free logging with a wheeled tractor"

Keywords: skidding; skidding machine; skidding tractor; attached skidding equipment; pincer grip.

Object of research – technological process of skidding wood with wheeled self-propelled equipment

Subject of research – attachment to a wheeled tractor for choke-free skidding of wood

Objective of work – increasing the efficiency of the skidding process, reducing the labor intensity of the operation and improving the functional characteristics of the attached skidding equipment

Research methods – familiarization with practical developments in skidding timber with wheeled self-propelled equipment, studying the experience of the European Union countries and familiarization with the products of domestic and foreign manufacturers of skidding equipment;

– analysis of scientific publications in domestic and foreign scientific publications, patent search on the topic of the work and review of special literature;

– analytical review of prototype skidding equipment, analysis of designs and ways of improvement;

- application of system analysis and advanced methods of finding technical solutions in order to develop attached skidding equipment for wheeled self-propelled vehicles;

- research of individual structural elements of the equipment in order to verify their reliability, using modern software for load simulation.

The implementation of most forestry activities related to thinning of forest stands requires the use of small-sized equipment with appropriate technological equipment, although most of such equipment is manufactured for powerful machines or middle-class machines. This leads to the need to design and manufacture mounted skidding equipment for light machines, which is what this work is devoted to, the first section of which concerns the analysis of the situation in terms of the use of small-sized equipment and the development of technical requirements for mounted skidding equipment.

In the second section of the work, a theoretical justification of the design of mounted skidding equipment for a small-sized base machine is performed, design calculations are performed, on the basis of which a drawing of the most critical equipment units and the main parts that make up its composition is developed.

Individual parts of the most important equipment components require detailed strength testing, as their failure threatens the loss of the equipment's functional capabilities. The planning and implementation and results of the specified research are presented in the third section of the work, and the work concludes with generalized conclusions.

ЗМІСТ

Вступ.....	11
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ТРЕЛЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	13
1.1 Трелювання деревини самохідними механізованими засобами.....	13
1.2. Огляд основних типів трелювальних машин.....	15
1.3 Формулювання загальних технічних вимог до навісного трелювального обладнання.....	19
1.3.1 Призначення обладнання та місце в системі машин технологічного процесу.....	19
1.3.2 Ефективна зона застосування навісного трелювального обладнання.....	20
1.3.3 Склад виробу та побажання до конструкторського виконання.....	20
1.3.4 Технічні вимоги до експлуатаційних особливостей та обслуговування трелювального обладнання.....	21
1.3.5 Попередні основні технічні параметри навісного трелювального обладнання.....	22
1.4 Розроблення технічного завдання для проектування навісного трелювального обладнання.....	23
1.4.1 Область застосування обладнання.....	24
1.4.2 Підстава для розробки навісного трелювального обладнання.....	24
1.4.3 Мета розробки та призначення.....	24
1.4.4 Основні джерела розробки навісного обладнання.....	25
1.4.5 Технічні вимоги до навісного трелювального обладнання.....	25
1.4.5.1 Склад виробу та вимоги до конструкторської реалізації.....	25
1.4.5.2 Технічна характеристика навісного трелювального обладнання.....	26
1.4.5.3 Вимоги до надійності виробу.....	26
1.4.5.4 Вимоги до технологічності виготовлення виробу.....	27
1.4.5.5 Вимоги до методів контролю, рівня уніфікації і стандартизації деталей навісного трелювального обладнання.....	27
1.4.5.6 Вимоги до безпечної експлуатації обладнання	28

1.4.5.7 Ергономічні та естетичні вимоги.....	29
1.4.5.8 Вимоги до патентної чистоти виробу	29
1.4.5.9 Вимоги до збірних частин обладнання, вихідних та експлуатаційних матеріалів.....	29
1.4.5.10 Вимоги до транспортування і зберігання готового виробу.....	29
1.4.5.11 Умови експлуатації обладнання.....	30
1.4.5.12 Економічні показники обладнання.....	30
1.4.6 Блок-структура технічного завдання із стадіями і етапами розробки навісного трелювального обладнання для колісного трактора.....	30
1.4.7 Порядок контролю якості та приймання готового обладнання.....	32
1.4.8 Шляхи реалізації результатів дослідно-конструкторської роботи на розробку навісного трелювального обладнання.....	32
2. РОЗРОБЛЕННЯ НАВІСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БЕЗЧОКЕРНОГО ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ.....	33
2.1. Аналітичний огляд трелювальних машин та прототипного трелювального обладнання.....	33
2.2. Обґрунтування конструкції навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини та вибір базової машини.....	36
2.3. Встановлення та розрахунок основних параметрів навісного трелювального обладнання.....	40
2.4. Розрахунок технологічних сил, що виникають в ланках та шарнірах кліщового захвату обладнання.....	44
2.5. Розрахунок величини реальних технологічних сил, що виникають в складових елементах кліщового захвату.....	46
2.6. Перевірочний розрахунок поперечного перерізу важеля кліщового захвату.....	50
2.7 Уточнений розрахунок параметрів силового гідроциліндру приводу затискних важелів кліщового захвату.....	52
2.7.1 Уточнений розрахунок сил тертя в гідроциліндрі кліщового захвату.....	54

2.8 Розрахунок діаметру вісі встановлення гідроциліндру приводу затискного механізму.....	55
2.9 Охорона праці, навколишнього середовища та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	57
2.9.1 Заходи з охорони навколишнього середовища.....	58
3. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ КЛІЩОВОГО ВІБРОЗАХОПУ....	60
3.1. Актуальність дослідження міцності нестандартних деталей кліщового віброзахопу.....	60
3.2 Планування та послідовність проведення дослідження міцності з'єднувального пальця навісного трелювального обладнання.....	61
3.2.1 Розробка цифрової просторової моделі дослідного зразка.....	61
3.2.2 Відтворення на моделі деталі місця та способу її закріплення в трелювальному обладнанні.....	62
3.2.3 Побудова сітки напружень на поверхні дослідного зразка та виконання активної фази досліджень.....	63
3.2.4. Активна фаза дослідження та основні результати прояву характеру дії технологічної сили.....	64
ВИСНОВКИ.....	67
ЛІТЕРАТУРА.....	68
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Актуальність теми. Під час заготівлі деревини, в структурі основних робіт технологічного процесу, лівова частка трудовитрат приходить на трелювальні роботи не залежно від виду рубки, лісоексплуатаційних умов, включно з рельєфом чи пори року. Для полегшення трелювання деревини для різних умов, виробниками пропонуються різні технічні засоби, які умовно поділяються на засоби для наземного трелювання та повітряного трелювання.

Зважаючи на суттєву різницю у вартості машин для наземного трелювання деревини та повітряного, а також складності їх експлуатації та вартості однієї машино зміни, трелювання деревини із застосуванням наземної трелювальної техніки є домінуючим на сьогодні в усіх країнах. Зокрема в Україні, під час виконання лісозаготівельних робіт, біля 90% деревини трелюється із застосуванням наземних самохідних машин, головним чином, із застосуванням тракторів різного типу. В окремих філіях лісового господарства, цей показник сягає 95% чи навіть більше. Решту об'єму деревини, яка заготовляється, трелюють з використанням коней. Таким чином, в Україні, існують два основних способи наземного трелювання деревини: тракторне та кінне трелювання. Кінне трелювання в основному домінує під час проведення рубок пов'язаних із ддоглядом за лісовими насадженнями.

Зважаючи на наявний зношений парк спеціальної трелювальної техніки та обмежені фінансові можливості більшості надлісництв лісового господарства, проблему з технічним забезпеченням трелювання деревини вирішують в основному, шляхом використання всієї наявної техніки, переважно тракторів. При цьому, в якості обладнання використовується найбільш просте та доступне, яке не завжди є ефективним та потребує застосування ручної праці для роботи з ним. Придбання необхідного трелювального обладнання за кордоном не вирішує проблеми першочергово, через невідповідність його наявним в господарствах самохідних засобах.

Виходячи із ситуації, що склалася із спеціальною трелювальною технікою в лісовому господарстві країни, виникла необхідність у розробленні

та виготовленні трелювального обладнання до наявної в господарствах техніки, яку можна залучати до трелювання деревини. В основному це є колісні трактори різної потужності, які можна агрегувати, як із причіпними трелювальними засобами так і використовувати навісне обладнання.

Очевидно, що для зменшення трудомісткості зазначеної операції, доцільно використовувати техніку для безчокерного трелювання лісоматеріалів. Це дозволяє максимально механізувати процес із залученням малої кількості працівників. Аналіз пропозицій виробників навісного трелювального обладнання показує, що є необхідність в певному удосконаленні конструкцій, їх спрощення та відповідно, загальної вартості. Головним чином, трелювальне обладнання, має враховувати технічні параметри наявної в лісових господарствах техніки або тої техніки, що використовується на цій операції підрядними приватними структурами. Розв'язання цього технічного завдання є актуальним для практичного вирішення проблеми із механізацією трелювання деревини колісними тракторами.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ТРЕЛЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Трелювання деревини самохідними механізованими засобами

Трелювання деревини відноситься до транспортно-переміщувальних операцій, пов'язаних з переміщенням деревини в межах площі лісосіки де виконується певний вид рубки. В основному трелювання (первинне транспортування) деревини виконується від місця зрізання дерев і часткової механічної обробки з метою отримання певного виду лісоматеріалів до місця тимчасового складування та зберігання лісоматеріалів.

Найчастіше трелювання деревини виконують у вигляді стовбурів, що є найбільш прийнятним способом трелювання, а також зручністю їх наступної обробки для отримання круглих лісоматеріалів (сортиментів). У вигляді сортиментів, що мають меншу довжину і меншу масу, трелюють деревину у випадку застосування малопотужної техніки на цій операції або кінного трелювання та по причині інших чинників. Крім зазначеного, до чинників, які вимагають трелювати деревину у вигляді сортиментів, це є вид рубки. Зазвичай, під час проведення рубок догляду за лісовими насадженнями, деревину приходиться трелювати із насадження до основних шляхів чи місця складування, переміщуючи її між деревами, які залишаються. В таких умовах, довжина трелювальної системи, яка значною мірою визначається довжиною лісоматеріалу чи стовбура, має визначальне значення під час маневрування між перешкодами та деревами. При цьому не менш важливими є і габаритні розміри трелювальної техніки, яка по можливості повинна бути якомога менш габаритною і високо маневровою.

Під час виконання суцільних рубок, коли на площі зрізаються всі дерева, то для трелювання деревини використовується техніка значної вантажопідємності, що може переміщувати за один рейс великий об'єм деревини. Для полегшення роботи такої техніки, зокрема зменшення опору її руху, відповідно збільшення швидкості, будуються спеціальні трелювальні

шляхи, які створюють певну мережу на площі лісосіки. В таких умовах, висока продуктивність трелювання визначається високими тяговими можливостями трелювальних машин, а їх розміри не відіграють вирішального значення.

Як видно з приведеною інформацією на рисунку 1.1, для трелювання деревини використовуються різні технічні засоби, які є актуальними і ефективними в певних умовах.



Рисунок 1.1 – Технічні засоби для трелювання деревини

Так, для трелювання деревини в умовах рівнинного рельєфу, а також в умовах нерівнинного рельєфу, де максимальний схил не перевищує 22° , пропонується застосовувати спеціалізовані трактори (трелювальні машини), які мають спеціальне навісне чи причіпне обладнання. Крім того, така техніка має рушії різного типу, починаючи від типових колісних і гусеничних, завершуючи комбінованими та крокуючими рушіями. Подані на рисунку 1.1 трелювальні

машини в основному використовуються для крупнопакетного трелювання деревини під час суцільних рубок.

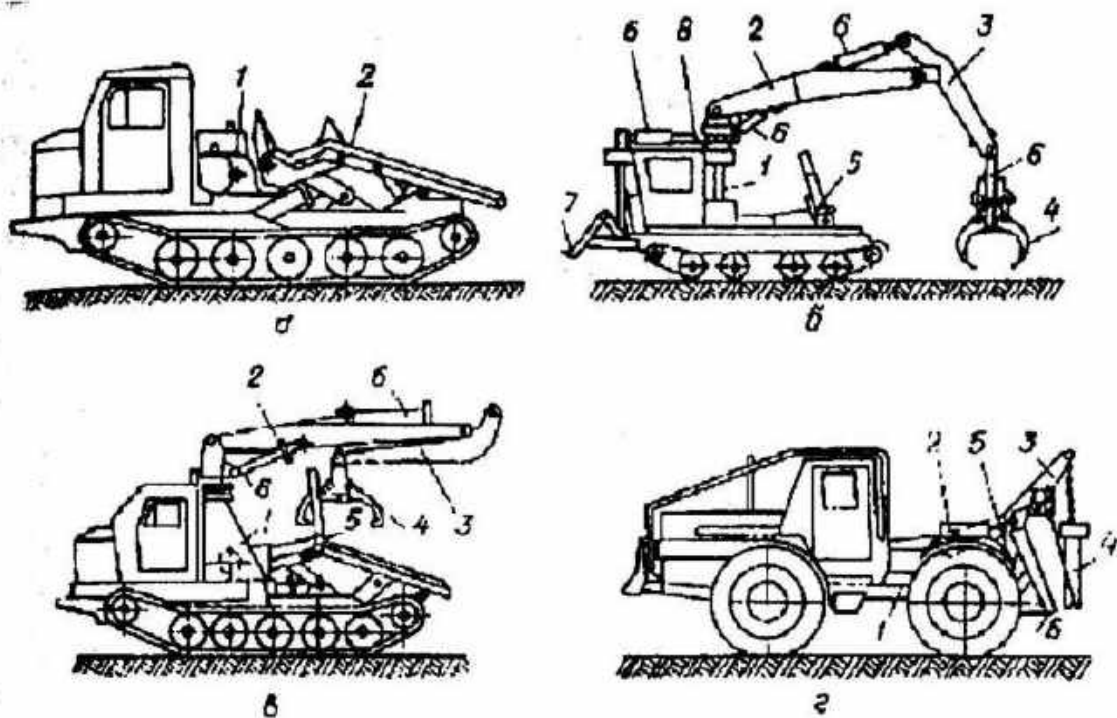
Незважаючи на те, що для трелювання деревини в гірських умовах, також пропонується велика кількість технічних засобів (рис.1.1), та інженерних споруд у вигляді лотків, більшість з них є неефективними через високу вартість машино зміни, а відповідно високу собівартість деревини, яку можна отримати. Саме тому в лісових господарствах України впевнено домінує тракторне трелювання деревини, що приходить на 90% заготовленої деревини і лише 10% із застосуванням інших видів трелювання включно з кінним. В решта країн, також перевага віддається тракторному трелюванню, як найбільш доступному виду трелювання та економічно доцільному. З цієї причини, трелювальні машини для наземного трелювання переживають бум свого розвитку, особливо в плані удосконалення трелювального обладнання.

1.2. Огляд основних типів трелювальних машин

Більшість трелювальних машин, як більш ранніх моделей так і сучасних, виробниками проектуються переважно для їх застосування під час виконання суцільних рубок. Виходячи з того, що найбільші об'єми ділової деревини, можна було отримати саме від цих рубок до недавнього часу. Така техніка зазвичай є досить потужною з можливістю переміщення за рейс значного об'єму деревини, має хорошу прохідність і разом з тим, значні габарити та масу. Такі трелювальні машини класифікують, головним чином, за типом трелювального обладнання, як показано на рис. 1.2.

Представником більш раннього покоління трелювальних тракторів, є чокерний трелювальний трактор (рис.1.2а), який в якості трелювального обладнання має змонтовану на його рамі однобарабанну лебідку 1 та завантажувальний щит 2. Для формування та набору пачки деревини, крім того, використовується так званий збиральний канат (рис.1.3в) та комплект чокерів (рис.1.3а,б), що представляють собою відрізки канатів певної довжини, кожен з

яких має кільце і гак по кінцях. Кільце – для нанизування на збиральний канат, а гак – для чокування (причеплення) стовбура.



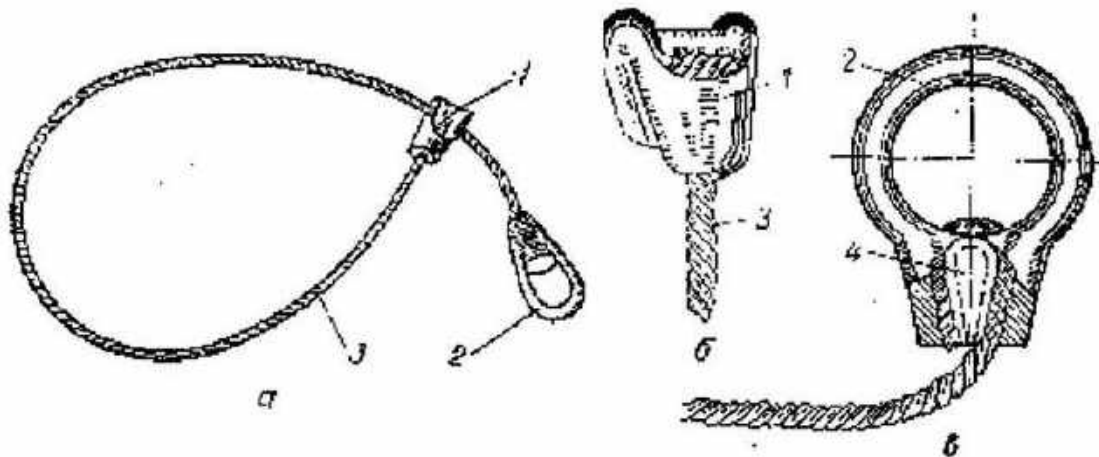
а – чокерна трелювальна машина; б, в – маніпуляторні трелювальні машини; г – машина з обладнанням для пакетного трелювання деревини.

Рисунок 1.2 – Основні типи трелювальних машин

Хоча робота такого трактора є досить ефективною в певних умовах, а обладнання простим і надійним в роботі, однак, при цьому фізична праця займає досить значний відсоток. Необхідно вручну відтягувати збиральний канат до місця причеплення стовбурів (рис.1.4), вручну виконувати чокування стовбурів, а потім вручну відеднувати чокери від стовбурів в місці розвантаження деревини. Це все досить ускладнює процес трелювання та потребує більшої кількості працівників, приблизно 4-5 чоловік на один трелювальний трактор.

Незважаючи на те, що чокерне обладнання використовується і на сучасних трелювальних тракторах, однак воно сильно видозмінене, а виробники тяжіють до використання обладнання, яке дозволяє забезпечити повну механізацію процесу та вищу екологічність робіт в лісі. Цього можна

досягнути з появою трелювальних машин, обладнаних гідроманіпуляторами (рис. 1.2б, в) для завантаження стовбурів чи більш коротких лісоматеріалів в пакетоформувальний і утримуючий пристрій (коник). Крім маніпулятора на рамі зазначених машин встановлене обладнання для приймання та утримання лісоматеріалів під час трелювання (коник, щит та ін.).



а, б – чокер; в – збиральний канат

Рисунок 1.3 – Канатне обладнання чокерного трелювального трактора

Такі машини забезпечують повну механізацію процесу, а кількість працівників зайнятих на трелюванні, обмежується одним оператором машини.

Разом з тим, така техніка не позбавлена суттєвих недоліків, які першочергово проявляються складністю конструкції самої машини, а відповідно більш дорогим її технічним обслуговуванням. Через значну масу зазначеного обладнання суттєво зменшується маса корисного навантаження на раму машини, зменшується її швидкість руху в холостому напрямку та маневрові показники.

Зміщення центру ваги машини вплинуло на її стійкість на схилі, який став суттєво меншим допустимого для трелювальних машин безманіпуляторного типу, а головне, такі машини мають високу вартість.

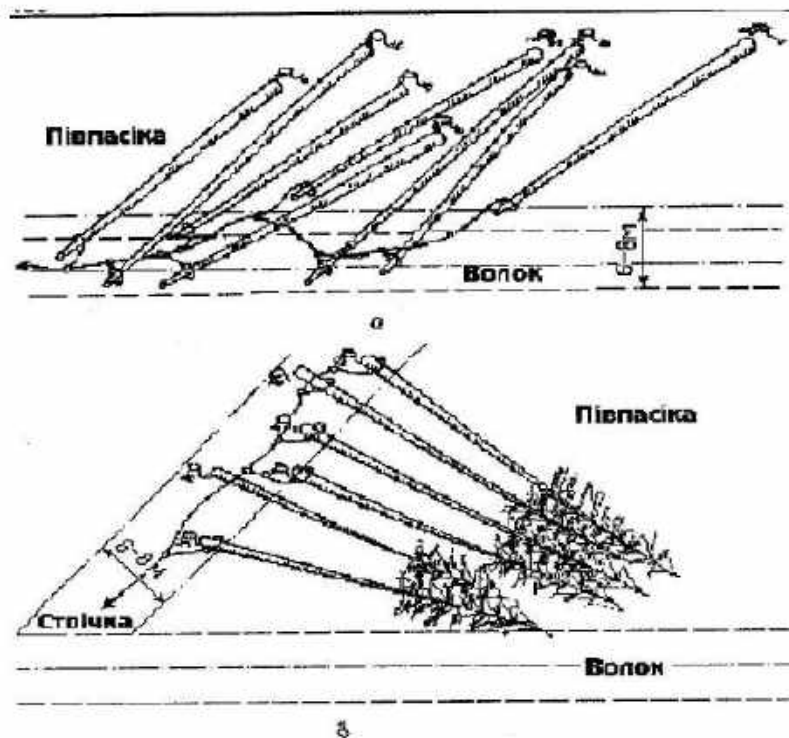


Рисунок 1.4 – Технологічний процес чокерування лісоматеріалів

Більш простим є обладнання у вигляді кліщового захопа (рис. 1.2г), що дозволяє трелювати як окремі стовбури так і виконувати пакетне трелювання деревини, по кілька стовбурів залежно від їх діаметру. Однак для пакетного трелювання, лісоматеріали слід попередньо вкладати в пакети, що може забезпечити, до прикладу, звалювально-трелювальна машина. Саме для роботи такої системи машин і пропонується дане устаткування.

Зважаючи, що останнім часом, підвищуються вимоги до екологічності виконання лісосічних робіт, виробники поступово відмовляються від гусеничної техніки на користь колісної, а трелювання деревини в напівзавантаженому чи півпідвішеному стані, замінюють трелюванням в повністю звантаженому стані. Відповідно до зазначених вимог, з'явилися нові трелювальні машини, переважно на колісному ході, що мають назву «форвардер» (рис. 1.5). Це найбільш нова генерація трелювальних машин, що забезпечують повну механізацію процесу та високу екологічність робіт.



Рисунок 1.5 – Форвардер виробництва **Vimek 610.4** (Швеція. Сайт компанії-виробника)

В дрібних лісових господарствах, до прикладу приватних, широкого використання набуває малогабаритна трелювальна техніка, що дуже добре себе зарекомендувала на непромислових заготівлях деревини. Така техніка швидко заповнює нішу трелювальних машин для рубок догляду за лісовими насадженнями.

1.3 Формулювання загальних технічних вимог до навісного трелювального обладнання

1.3.1 Призначення обладнання та місце в системі машин технологічного процесу

Розроблюване обладнання виступає в якості основного технологічного обладнання колісного трелювального трактора, зайнятого на трелюванні деревини, переважно під час виконання рубок формування та оздоровлення лісових насаджень, де середній об'єм стовбура є невеликий, а трелювання можна виконувати в такому разі пакетно. Можна також виконувати і поштучне трелювання лісоматеріалів у випадку значного середнього об'єму стовбура.

Призначене для безчокерного трелювання деревини напівзавантаженому стані, а всі операції технологічного процесу виконуватимуться оператором машини.

Виходячи із заявленого функціонального призначення обладнання, то таке обладнання в складі базової машини, входить до складу системи машин зайнятих на основних лісосічних роботах. Таким чином, загальна система машин, до прикладу матиме такий вигляд: бензиномоторна пила + трелювальний трактор + навантажувач лісоматеріалів. Залежно від ситуації та технології заготівлі, склад системи машин може змінюватися, але перелік операцій на основних роботах – ні.

1.3.2 Ефективна зона застосування навісного трелювального обладнання

Проектоване обладнання розробляється для колісної трелювальної машини, яка експлуатуватиметься першочергово в рівнинних умовах із сухими дренованими ґрунтами або середньою їх зволоженістю. У випадку роботи машини в умовах більш складного рельєфу, максимальний ухил місцевості не повинен перевищувати 22° . Обладнання, як і машина, буде розрахована для використання в зоні помірного клімату, що відповідає західно-європейській частині, європейського континенту. Експлуатація проєктованого обладнання допустиме і в більш жорстких кліматичних умовах, де температурний діапазон може коливатися від $+40^{\circ}\text{C}$ до -40°C .

З привязкою до виробничих умов, технологічною зоною використання обладнання є територія лісосіки. Головним чином, це рубки формування і оздоровлення лісів, де трелювання деревини необхідно виконувати між деревами, що залишаються на площі.

1.3.3 Склад виробу та побажання до конструкторського виконання

Трелювальне навісне обладнання для безчокерного трелювання деревини, повинне містити основні складові елементи, необхідні для його ефективного функціонування під час агрегування із колісними тракторами

середнього класу тяги. Очевидно, що основними частинами при цьому будуть вантажна стріла, що кріпиться до рами трелювальної машин своєю основою, до вершини якої прикріплюється кліщовий захоп. Вантажна стріла повинна виготовлятися з умови забезпечення нормальної її роботи на максимальному вильоті стріли 1,2м. Кліщовий захоп разом із стрілою, повинні забезпечувати максимальну висоту піднімання вантажу 0,6м.

Функціонування обладнання має забезпечуватися використанням гідравлічних силових елементів, що приводяться в дію гідросистемою машини із номінальним тиском гідравлічної рідини в системі 7,0 МПа. Робоча швидкість піднімання і опускання вантажної стріли, повинна становити не менше 1,5 м/с. Не стандартні деталі та елементи обладнання, не повинні характеризуватися підвищеною складністю їх виготовлення.

Збірні елементи обладнання повинні мати вагу, що дозволяє виконувати їх складання з використанням ручних піднімальних пристроїв, а зібрана конструкція повинна відрізнятися компактністю та плавними формами.

1.3.4 Технічні вимоги до експлуатаційних особливостей та обслуговування трелювального обладнання

Будова трелювального навісного обладнання та загальне компонування його основних елементів, повинна забезпечувати його надійну та безперебійну експлуатацію у виробничих умовах лісосіки. Змонтоване обладнання повинне забезпечувати легку доступність для регламентованого технічного обслуговування чи планового або поза планового ремонтів. Це означає, що основні агрегати обладнання, повинні мати просту будову з доступом до всіх його елементів. Загальна конструкція трелювального навісного обладнання, повинна забезпечувати рівень стандартизації деталей не нижче 55%.

Гідравлічна система приводу виконавчих органів обладнання повинна забезпечувати його надійну роботу, при зміні температурних умов навколишнього середовища в температурному діапазоні – 25...+35°C. Також, повинна забезпечувати надійне блокування обладнання в певному положенні.

Гальмівна система базової машини, повинна забезпечувати надійне гальмування у разі необхідності, як під час виконання корисної роботи, так і під час руху на холостому ході, а також в екстремальних ситуаціях. Підвіска базової машини також має відповідати умовам роботи машини та забезпечувати стійкість під час руху в завантаженому стані чи без вантажу, а також під час маневрування машини.

Технічне обслуговування навісного обладнання, що передбачається за основною схемою, включає такі роботи:

- очищення обладнання від сторонніх предметів (кори, кусків деревини, гілок та ін.) та перевірка кріплення основних елементів;
- перевіряння на предмет цілісності гнучких гідропроводів та надійність їх кріплення. Перевірка гідравлічної системи на підтікання рідини.
- перевірка стану шарнірних пар, очищення їх від бруду та змащування, за потреби, тертьових поверхонь.
- перевіряння стані болтових з'єднань основних частин конструкції навісного устаткування та їх додаткове підтягування.

1.3.5 Попередні основні технічні параметри навісного трелювального обладнання

1. Призначення обладнання:
 - для безчокерного трелювання деревини
2. Номінальний об'єм трелюваної пачки деревини, м³: 3,5
3. Максимальний ефективний виліт вантажної стріли, м 1,2
4. Висота піднімання деревини під час трелювання, м: 0,6
5. Привід виконавчих органів обладнання: гідравлічний
6. Швидкість руху стріли у вертикальній площині, м/с 1,5
7. Максимальна загальна маса обладнання, кг до 400
8. Номінальний гідравлічний тиск в гідросистемі приводу навісного обладнання, МПа 5.....8
9. Проектна продуктивність на відстані трелювання до 350м, м³/год 18

**1.4 Розроблення технічного завдання для проектування навісного
трелювального обладнання**

Україна

Міністерство освіти і науки

Національний лісотехнічний університет

Погоджено:
науковий керівник напрямку

Затверджую: директор
науково-дослідного інституту

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дослідно-конструкторську роботу:

**«Розроблення навісного обладнання для безчокерного
трелювання деревини навісним трактором»**

Керівник проектної групи: Смаль-Стоцький В. Б.

Науковий керівник завдання: Гудименко О. П.

Львів – 2025р.

1.4.1 Область застосування обладнання

Навісне трелювальне обладнання призначене із базовою колісною машиною середнього класу тяги, призначене для безчокерного трелювання деревини під час виконання, переважно, рубок формування та оздоровлення лісових насаджень. Для виконання інших операцій, пов'язаних з переміщенням круглих лісоматеріалів поштучно чи пачкою з можливістю їх набору із місця згромадження чи безпосередньо із ґрунту.

1.4.2 Підстава для розробки навісного трелювального обладнання

Розробка трелювального обладнання виконується у відповідності до завдання на кваліфікаційну роботу магістра спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», що видане кафедрою лісопромислового виробництва та лісових доріг НЛТУ України від 03.10.2025р., в рамках залучення студентів-магістрів випускних курсів інституту інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій до вирішення актуальних проблем науки, техніки і освіти, протягом 2025-2026 навчального року.

1.4.3 Мета розробки та призначення

Метою розробки конструкції навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини на базі колісної машини є удосконалення технології трелювання деревини та конструювання обладнання для можливості його агрегативання з колісними тракторами середнього класу тяги.

Призначенням конструкторської розробки є зменшення обсягу ручної праці під час трелювання деревини, безпеки праці та підвищення продуктивності операції під час виконання рубок формування і оздоровлення лісових насаджень.

Зменшення приведених витрат та капіталовкладень основних фондів у лісосічному циклі робіт; розроблення та запровадження еколого-безпечних та природо зберігаючих технологій.

1.4.4 Основні джерела розробки навісного обладнання

- використані теоретичні напрацювання та практичні розробки конструювання окремих агрегатів навісного трелювального обладнання із основами моделювальних процесів та систем лісозаготівельних комплексів;
- практичні матеріали, наукові та практичні розробки провідних наукових установ та проектних інститутів і організацій, результати пошукових і науково-дослідних робіт за темою розробки;
- практичні напрацювання, що стосуються використання малогабаритної колісної техніки для трелювання деревини під наметом лісового насадження з повною механізацією робіт;
- використані матеріали патентного пошуку, зокрема, проаналізовано конструкції прототипного обладнання таких авторських свідоцтв на винаходи: (П1684228(5)) 5В66(С1/28); (П1698174(51)) 5В66С23100; (П1481186(51)) В66С1/42; (П1685704(51)) 5В25/15100.

1.4.5 Технічні вимоги до навісного трелювального обладнання

1.4.5.1 Склад виробу та вимоги до конструкторської реалізації

Навісне обладнання повинне складатися із таких основних конструкторських частин: вантажна стріла, кліщовий захват із механізмом для покращення набору пакету стовбурів, гідроциліндрів кліщового захвату та переміщення вантажної стріли у вертикальній площині, зеднувальні та кріпильні елементи, система гнучких гідравлічних проводів.

Вантажна стріла, кліщовий захват та інші нестандартні елементи конструкції, повинні відрізнятися простотою та легкістю виготовлення з використанням типового устаткування металообробних цехів. В якості матеріалу для деталей вузлів та елементів, мають бути використані найбільш доступні марки сталей та інших металів з достатніми механічними характеристиками. Збірні вузли обладнання повинні мати компактний вигляд у зібраному стані, як і обладнання в цілому, а маса окремих елементів бути

тапкою, щоб забезпечити можливість монтажних робіт із використанням ручних вантажопіднімальних механізмів.

Розміри вантажної стріли обладнання повинні забезпечити ефективний виліт стріли на 1,2 м та забезпечити піднімання вантажу на висоту 0,6м. Для забезпечення роботи гідравлічного приводного обладнання, має використовуватися тиск в системі в межах 7,0 МПа.

Загальна конструкція обладнання повинна забезпечувати простоту його складання, монтажу та доступність до деталей і вузлів під час ремонту і технічного обслуговування.

1.4.5.2 Технічна характеристика навісного трелювального обладнання

1. Тип обладнання:	<u>безчокерне, навісне</u>
2. Спосіб захвату і утримання деревини:	кліщовий захват
2. <u>Номинальний об'єм трелюваної пачки деревини, м³:</u>	3,5
3. <u>Максимальний ефективний виліт вантажної стріли, м</u>	1,2
4. <u>Висота піднімання деревини під час трелювання, м:</u>	0,6
5. <u>Привід виконавчих органів обладнання:</u>	гідравлічний
6. <u>Швидкість руху стріли у вертикальній площині, м/с</u>	1,5
7. <u>Максимальна загальна маса обладнання, кг</u>	до 400
8. <u>Номинальний гідравлічний тиск в гідросистемі приводу навісного обладнання, МПа</u>	5.....8
9. <u>Доля стандартних вузлів і деталей, %</u>	55
10. <u>Продуктивність на відстані трелювання до 350м, м³/год</u>	18
11. <u>Спосіб трелювання деревини:</u>	<u>напівзавантажений</u>
12. <u>Кількість обслуговуючого персоналу, чел.</u>	1

1.4.5.3 Вимоги до надійності виробу

Під час проектування обладнання повинен закладатися коефіцієнт надійності та безвідмовної роботи не менше 2,5 в порівнянні із базовою

машиною за виключенням таких стандартних елементів як гідравлічні силові циліндри і гідропроводи. Конструкція має характеризувати коефіцієнтом запасу міцності не менше 3 для всіх деталей і вузлів, а для кріпильних і зеднувальних елементів не менше 4.

Гарантійний термін активної експлуатації обладнання між капітальними ремонтами, має складати не менше 4300 годин. Решта показників надійності обладнання мають відповідати вимогам регламентного документу РТМ-2-82 «Керівний технічний матеріал. Лісозаготівельні машини». Загальна тривалість експлуатації обладнання має складати не менше п'ять років, до повного списання.

1.4.5.4 Вимоги до технологічності виготовлення виробу

Технологічність виготовлення нестандартних деталей обладнання має забезпечуватися можливістю їх виготовлення із застосуванням типових металообробних верстатів ремонтно-механічного заводу або навіть ремонтно-механічної майстерні. На кожну деталь має розроблятися технологічна карта її виготовлення.

1.4.5.5 Вимоги до методів контролю, рівня уніфікації і стандартизації деталей навісного трелювального обладнання

Для контролю якості виготовлення нестандартних деталей навісного обладнання мають застосовуватися найбільш відомі методи, а технічні засоби вимірювання при цьому, повинні бути доступними та входити до переліку серійних, що виготовляються вітчизняною промисловістю. Перед застосуванням, вимірювальні засоби повинні пройти відомчу та державну перевірку з наявністю відповідних підтверджуючих документів.

Загальний рівень використання уніфікованих вузлів та стандартних деталей в конструкції обладнання має складати не менше 55%, а в якості матеріалу для виготовлення нестандартних деталей, слід використовувати сертифіковані сталі і кольорові метали провідних вітчизняних виробників.

1.4.5.6 Вимоги до безпечної експлуатації обладнання

Конструкція навісного трелювального обладнання, повинна відповідати переліку вимог з техніки безпеки зазначених у ГОСТ 12.200-84 і ГОСТ 12.3.018-88 та інших аналогічних документах.

Для забезпечення зручності складання та виконання монтажних-демонтажних операцій, вузли або окремі елементи устаткування вагою понад 30кг, повинні мати монтажні кріпильні відливи або інші конструкторські рішення для можливості їх зачеплення відповідними пристроями вантажопіднімальних механізмів. Місяця для зачеплення слід розміщувати на вузлі чи елементу виробу з врахуванням його центру ваги. Вузли, які потребують постійного технічного догляду та контролю їх стану, повинні забезпечуватися зручним доступом.

З'єднання, що потребують змащування але розміщуються у важкодоступних місцях, слід передбачати автоматичне змащування або використовувати спеціальні матеріали для одноразового змащування, яке виконується під час регламентованих профілактичних робіт та планових технічних оглядів обладнання. Шарнірні зєднання, слід розміщувати під захисними кожухами, а робочі органи обладнання та обладнання в цілому, слід фарбувати в сигнальні кольори, встановлені вимогами ГОСТ 12.4.026-86.

На обладнанні мають встановлюватися таблички з найбільш необхідною інформацією, щодо експлуатації та технічного обслуговування, а також попереджувальні написи і знаки на рухомих елементах обладнання.

Керування обладнанням має виконуватися дистанційно із кабіни оператора з використанням важелів керування гідророзподільниками гідравлічної системи. Величина фізичної сили прикладання до важелів керування, повинна узгоджуватися із вимогами ГОСТ 12.2.121-88 чи оновленими нормативними документами такого плану.

1.4.5.7 Ергономічні та естетичні вимоги

Цілісна конструкція навісного трелювального обладнання має враховувати вимоги композиційної цілісності та функціональної доцільності. Обладнання в цілому, має фарбуватися в сигнальний колір та супроводжуватися вказівками напрямку переміщення робочих органів, небезпечних зон та порядком знімання захисних кожухів.

Загалом, конструкція обладнання має передбачати зручний доступ до з'єднань, що потребують частого технічного догляду. Обладнання повинне мати компактну конструкцію в складеному стані та лаконічні форми. Гідропроводи та інші частини гідравлічної системи повинні закриватися захисними кожухами.

1.4.5.8 Вимоги до патентної чистоти виробу

Для серійного виготовлення навісного обладнання має забезпечуватися його патентна чистота, зокрема, в межах країн Європейського союзу, США та Канади. Нові конструкторські рішення, повинні відповідати рівню технічної новизни, що вимагається для отримання патенту на винахід чи корисну модель.

1.4.5.9 Вимоги до збірних частин обладнання, вихідних та експлуатаційних матеріалів

Збірні частини навісного обладнання, а також вихідні матеріали, експлуатаційні матеріали мають регламентуватися вимогами державних та галузевих стандартів, відповідати як діючим технічним умовам, так нормативно-технічним документам. В конструкції обладнання не повинні використовуватися дорогоцінні чи дефіцитні матеріали, однак, дотримання якості та надійності конструкції має бути забезпечено.

1.4.5.10 Вимоги до транспортування і зберігання готового виробу

Для транспортування готового виробу з наступним зберіганням, необхідно розділити збірні частини виробу та деталі в окремі контейнери, маса

яких не повинна перевищувати 50кг, а на верхні кришки нанести відповідні вказівні написи; на кожен контейнер повинна складатися описова відомість завірена відповідальною особою.

Деталі та вузли повинні вкладатися в контейнери з дотриманням вимог упакування так, щоб під час перевезення місткість контейнера не вібривала і не переміщувалася в цьому.

Під час зберігання готового виробу на складі, слід вибирати сухі приміщення, захищені від потрапляння вологи. Температурного режиму зберігання виробу можна не дотримуватися.

1.4.5.11 Умови експлуатації обладнання

Навісне обладнання передбачено використовувати в умовах помірного клімату де коливання температури становить $-30...+40^{\circ}\text{C}$. Стосовно механічної частини обладнання, то його можна використовувати і в інших кліматичних умовах за умови забезпечення роботи гідравлічного устаткування та гідравлічної системи в цілому, а також використовуючи спеціальні змащувальні матеріали.

1.4.5.12 Економічні показники обладнання

Загальна вартість виготовлення навісного обладнання не повинна перевищувати 60 тис.грн. Річний економічний ефект від експлуатації обладнання складатиме в межах 45 тис.грн., а відповідний термін окупності не перевищуватиме двох років при помірній експлуатації.

1.4.6 Блок-структура технічного завдання із стадіями і етапами розробки навісного трелювального обладнання для колісного трактора

Таблиця 1.1 – Етапи розробки технічного завдання на виготовлення навісного трелювального обладнання

Шифр етапу	Назва етапу виконання завдання	Термін виконання		Результати виконання робіт
		початок	закінчення	
1	2	3	4	5
НТО 1	Формування технічних вимог до обладнання	02.10.2025	12.10.2025	Технічна інформація
НТО 2	Літературний огляд, патентний пошук та збір технічної інформації у відповідності до теми конструкторського завдання	12.10.2025	18.10.2025	Технічна інформація
НТО 3	Аналітичний огляд <u>прототипного трелювального обладнання</u>	18.10.2025	23.10.2025	Технічна інформація
НТО 4	Співставний аналіз відомих зразків та розробка компоновальної і кінематичної схеми навісного трелювального обладнання	23.10.2025	28.10.2025	Технічна інформація
НТО 5	Теоретично— <u>розрахункове обґрунтування конструкції вузлів та навісного обладнання в цілому</u>	28.10.2025	02.11.2025	Технічна інформація
НТО 6	Розроблення робочого технічного креслення механізмів та вузлів обладнання	02.11.2025	11.11.2025	Технічна документація (креслення, специфікація)
НТО 7	Розрахунки на міцність окремих елементів та деталей обладнання	11.11.2025	18.11.2025	Технічна інформація
НТО 8	Розрахунок <u>економічних показників навісного трелювального обладнання</u>	18.11.2025	28.11.2025	Технічна інформація
НТО 9	Заключні висновки про конструкцію <u>трелювального обладнання</u>	28.11.2025	02.12.2025	Технічна інформація

1.4.7 Порядок контролю якості та приймання готового обладнання

– виробничі випробування готового навісного трелювального обладнання повинні відповідати розробленій програмі випробування та затвердженій методиці випробування;

– попередні заводські випробування навісного трелювального обладнання повинні виконуватись на підприємстві, що займалося виготовленням готового зразка обладнання у відповідності до програми і методики заводських випробувань.

1.4.8 Шляхи реалізації результатів дослідно-конструкторської роботи на розробку навісного трелювального обладнання

Технічні результати отримані в результаті виконання дослідно-конструкторської роботи, можна використовувати для наступного удосконалення конструкції обладнання чи розробки нового; виготовлення функціональних макетів обладнання та демонстраційних і навчальних матеріалів. Інформація дослідного характеру, може використовуватися під час виготовлення експериментального зразка навісного трелювального устаткування для безчокерного трелювання деревини.

2. РОЗРОБЛЕННЯ НАВІСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БЕЗЧОКЕРНОГО ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ

2.1. Аналітичний огляд трелювальних машин та прототипного трелювального обладнання

На сьогоднішній день в лісовій галузі особливо актуальним стало впровадження в лісозаготівельний процес технічних засобів трелювання деревини. До таких засобів, які знаходять все ширше застосування, відносяться малогабаритні трактори. Їх використовують для різноманітних транспортних робіт, в тому числі і при проведенні лісгосподарських рубок для трелювання чи підтрелювувальння деревини. Такі трактори найчастіше виконані на колісному ході з колісною формулою 4x4. Ці трактори, при виконанні технологічних операцій в лісі, незначно пошкоджують ґрунт, чим запобігають інтенсивним ерозійним процесам.

Колісні малогабаритні трактори, обладнують активним напівпричепом, на якому вмонтовують різне технологічне обладнання: механізовані коники для лісоматеріалів, трелювальні щити та інші подібні модифіковані агрегати, які зазвичай оснащують лебідкою (рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Лебідка малогабаритного трелювального трактора

Прикладом такої машини є трактори Т-25А, Т-25Б, Т-30А, Т-30А-1, Т-40М та інші. Якщо такі трактори використовуються для трелювальних робіт, то формування деревини в пакет виконується лебідкою. Для цього очищені від гілок стовбури дерев поштучно стягують до трактора, обв'язують їх разом та завантажують на трелювальний щит при допомозі лебідки. Процес завантаження трактора деревиною є найскладнішим процесом, оскільки завантаження виконується виключно лебідкою і часто її тягового зусилля недостатньо для завантаження цілого пакету деревини. Тому завантаження трактора здійснюється в декілька етапів.

Таких недоліків при роботі трелювального трактора можна позбутися, застосовуючи для завантаження лісоматеріалів маніпулятор або простіший кліщовий захват з гідроприводом для захоплення лісоматеріалів (рис.2.2).



Рисунок 2.2 — Кліщовий захват малогабаритного колісного трелювального трактора

Зважаючи, що трактори малої потужності, що використовуються для трелювання деревини, одночасно відрізняються невеликою масою, то встановлення на них маніпулятора є недоцільним. Саме тому, широко практикується обладнання у вигляді кліщових захватів (рис.2.2).

На сьогоднішній час, виробництво навісного трелювального обладнання налагоджено і в нашій країні, в тому числі і обладнання у вигляді кліщових захватів різних конструкцій. На рисунку 2.3 показано трелювальний безчокерний пристрій марки ПТБ-4,5М, що виготовляється на ПАТ «Спецільмаш» і рекомендований для серійного виробництва.



Рисунок 2.3 – Безчокерне трелювальне обладнання ПТБ-4,5М

Даний пристрій включає навіску, корпус, захвати, гідросистему та опори. Корпус виконаний у вигляді зварної конструкції і слугує для монтажу на нього головних елементів пристрою. Навісне приспособлення виконане у вигляді витягнутого чоритикутника. Важелі захватів зєднуються з корпусом за допомогою вставних пальців.

Інший тип безчокерного навісного трелювального обладнання показано на рисунку 2.4. Відмінність даного трелювального пристрою полягає в

наявності короткої стріли, що певною мірою створює кращі умови для захвату та трелювання деревини, а також забезпечує більшу висоту піднімання деревини під час трелювання.



Рисунок 2.4 – Безчокерне трелювальне обладнання ПТК-5,2У

Загалом обладнання для безчокерного трелювання деревини має типову будову у вигляді корпусу із затискними важелями, встановленими на пальцях і використаням для приводу важелів гідроциліндра. В окремих випадках, кліщовий захват може встановлюватися на стрілу певної форми і розмірів (рис.2.4), що переслідує розширення певних функціональних можливостей.

2.2. Обґрунтування конструкції навісного обладнання для безчокерного трелювання деревини та вибір базової машини

Аналіз конструкцій прототипного обладнання для безчокерного трелювання деревини, показав однотипність конструкцій, що відрізняються певними новими конструкторськими рішеннями, які не відіграють суттєвої ролі у підвищенні функціональності обладнання.

У виробничих умовах, під час трелювання деревини із застосуванням обладнання у вигляді кліщового захвату, виникають ситуації, коли ускладнюється процес захоплення пачки лісоматеріалів або окремого лісоматеріалу. Зокрема, коли необхідно захопити частину тонкомірних стовбурів із більшого пакету або лісоматеріал, що частково занурився у м'який ґрунт. В такій ситуації, затискні важелі повинні не лише стискатися, але і виконувати вібраційні рухи для покращення захоплення деревини. Таким чином, є потреба у створенні більш досконалого обладнання, такого яке показано на рисунку 2.5.

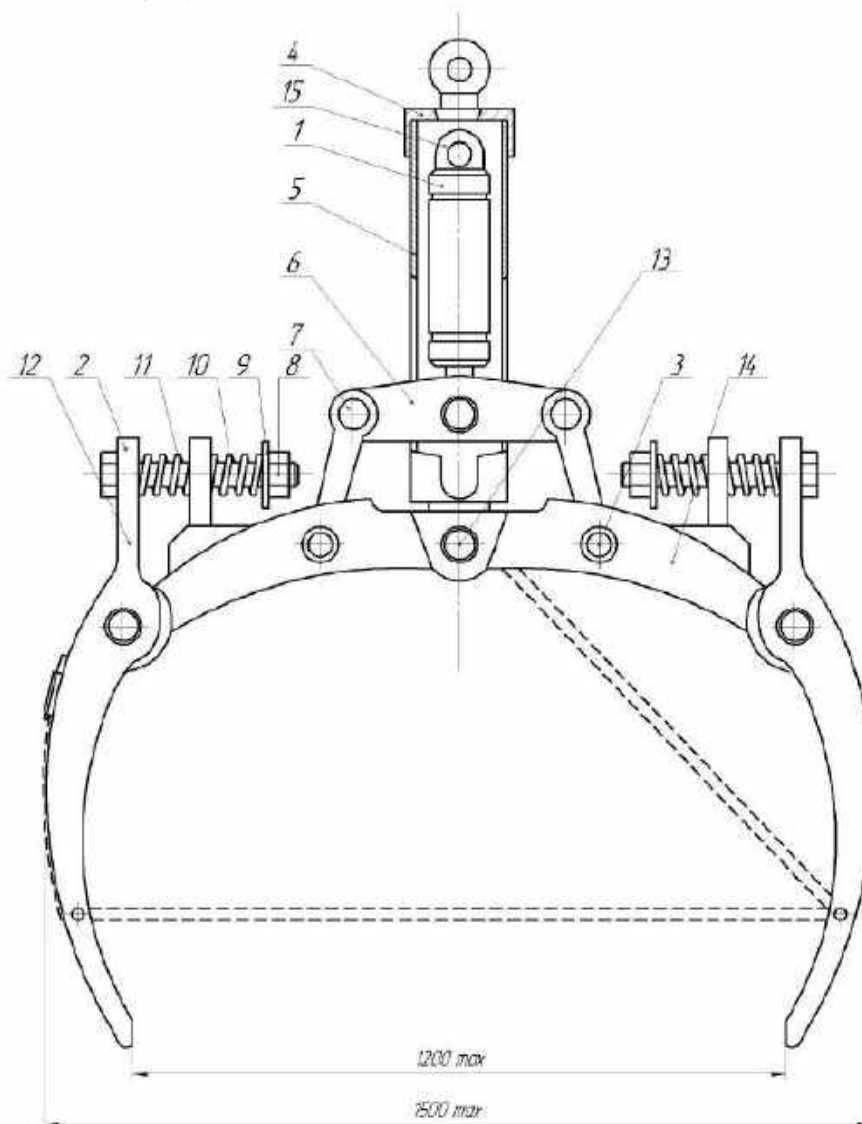


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд трелювального обладнання для безчокерного трелювання деревини

До складу такого технологічного обладнання входить стріла, кліщовий захват для захоплення пакету деревини, лебідка з тросом для підтрельовування окремих дерев та фіксування їх у кліщовому захваті. З метою підвищення ефективності роботи згаданого кліщового захвату, його захоплюючі важелі доцільно виготовляти підпружиненими. При цьому, сам кліщовий захват при наборі пакету деревини краще наповнюватиметься, заглиблюючись в лісоматеріали під власною вагою. Такий ефект, особливо важливий при захопленні тонкомірних стовбурів, яких в пакеті переважна більшість при виконанні рубань догляду.

Для кращої роботи з лісоматеріалами, трактор доцільно обладнати щитом для вирівнювання торців стовбурів чи дерев перед фіксацією в кліщовому захваті. Керування стрілою та кліщами необхідно здійснювати при допомозі гідравліки, а опорний щит трактора може опускатися разом із стрілою та кліщами, перебуваючи в постійному з'єднанні з останніми, наприклад при допомозі тяг.

Тракторний агрегат із кліщовим захватом сконфонований так, що все технологічне обладнання зосереджено на активному напівпричепі для зручності при трельованні довгоміру по трасі з багатьма поворотами. Кліщовий захват влаштовується вільно підвішеним до стріли для зручності при проходженні машиною складних трас та для вільного набирання деревини в пакет.

Складається кліщовий захват з таких основних частин: корпус, гідроциліндр керування роботою кліщів, що шарнірно з'єднаний з тягами, які в свою чергу змонтовані на важелях. До важелів шарнірно закріплено захоплюючі кліщі, які в певному положенні з важелями утримуються пружинними болтами. Для фіксації лісоматеріалів у кліщах змонтовано трос, що підєднаний до лебідки, яка розміщена на рамі трактора.

Для захоплення пакету лісоматеріалів, кліщі розводяться в сторони, при розмотуванні лебідки, розтягуючи за собою трос. Після повного їх відкривання гідроциліндром, опускається стріла і захват заглиблюється в лісоматеріали. При цьому захоплюючі кліщі захоплюють всі стовбури, вільно коливаючись в

шарнірних з'єднаннях, в межах, що дозволяють пружинні блоки, а трос вільно огинає лісоматеріали в площині закритих кліщів. Після охоплення лісоматеріалів кліщами вмикається в роботу гідроциліндр, який переміщує водило вниз, тим самим замикає кліщі. Після повного змикання кліщів вмикається лебідка, при цьому трос скорочуючись міцно зафіксує пакет стовбурів до важелів кліщів в такому положенні – вантаж закріплено.

Після цього піднімається стріла і трактор може трелювати пакет деревини. Розвантаження лісоматеріалів відбувається в зворотному порядку. Лебідка в даному обладнанні використовується як допоміжний механізм для певних умов. Основний режим роботи трелювальної машини полягатиме в безчокерному трелюванні деревини з підїздом до лісоматеріалів під час набору.

В якості базової машини для трелювального обладнання доцільно використати колісний трактор вітчизняного виробництва. Такою машиною може бути колісний повнопривідний трактор виробництва Харківського тракторного заводу марки ХТЗ 5020 (рис. 2.5).



Рисунок 2.6 – Повнопривідний трактор ХТЗ-5020

Дана модель трактора ідеально підходить для трелювання деревини під час проведення рубок формування та оздоровлення лісових насаджень, особливо під час рубок догляду, де середній об'єм стовбура є невеликим і є необхідність переміщувати деревини із лісового насадження до автомобільної лісовозної дороги. В якості базової трелювальної техніки, можна використовувати і інші моделі тракторів з подібними технічними характеристиками та класом тяги.

Таблиця 2.1 – Технічні дані трактора ХТЗ 5020

Експлуатаційна потужність, кВт/к.с.:	
– ХТЗ-5020	36,8 (50)
– ХТЗ-6020	44 (59,8)
– ХТЗ-6021	44 (59,8)
Питома витрата палива при експлуатаційній потужності, г/кВт•год (г/к.с. •год)	294(216)
Габаритні розміри з навісним пристроєм, мм:	
– довжина	3660
– ширина	2125
– висота	2645
База, мм	2175
Колія, мм:	
– по задніх колесах	1400-1800
– по передніх колесах	1400-1800
Кліренс, мм	320
Маса експлуатаційна з баластом, кг	2980

В якості базової машини, можуть використовуватися і колісні трактори з аналогічними параметрами, провідних європейських виробників. До прикладу, повнопривідний колісний трактор **Mercedes-Benz MB Trac 800**, має подовжену раму для монтування навісного устаткування, також ідеально підходить в якості малогабаритної трелювальної машини.

2.3. Встановлення та розрахунок основних параметрів навісного трелювального обладнання

Застосування в якості кліщового захвату грейферного механізму з одним вертикальним гідроциліндром приводу кліщів та складними захоплюючими

важелями, вимагає розрахунку параметрів основних елементів конструкції відповідно до вантажопідймальності проєктованого захвату.

Кліщовий захват монтуватиметься на малогабаритний колісний трактор, тому його вантажопідймальність залежить від тягового зусилля базового трактора. Так при тяговому зусиллі 90кН з врахуванням розподілу ваги пакету лісоматеріалів, до прикладу, стовбурів, при їх трелюванні в підвішеному стані вантажопідймальність захвату обчислюється за формулою:

$$Q_3 = h \times \frac{F_m}{t_m} \times k;$$

де: h – коефіцієнт запасу вантажопідймальності кліщового захвату для прийнятого способу трелювання, $h = 1,2$;

F_m – розрахункова сила тяги базового трактора, $F_m = 10$ кН;

t_m – коефіцієнт тертя пакету деревини по ґрунтовому трелювальному волоку, $t_m = 0,73$;

k – поправочний коефіцієнт розподілу маси пакета стовбурів між трелювальним трактором та волоком, $k = 1,45$, $1,50$.

Звідки, номінальна вантажопідймальність кліщового захвату машини, становитиме:

$$Q_3 = 1,2 \times \frac{10}{0,73} \times 1,5 = 24,66, \text{ кН.}$$

Розрахункова площа, яка може утворюватися в контурі розведених кліщів захвату визначається за формулою:

$$F_3 = \frac{V_p}{l_{cp} \times k_n \times k_3} \times k_n;$$

де: V_p – розрахунковий об'єм пакету лісоматеріалів для прийнятого трактора ХТЗ-5020, $V_p = 3,0$, $3,5$ м³;

l_{cp} Equation.3 – розрахункова довжина лісоматеріалів, $l_{cp} = 10$ Equation.3 м;

k_n Equation.3 - коефіцієнт повнодеревності пакета лісоматеріалів у кліщовому захваті під час трелювання, $k_n = 0,65$ Equation.3 ;

k_z Equation.3 - коефіцієнт заповнення площі захвату після стискання пачки лісоматеріалів, $k_z = 0,76$ Equation.3 ;

k_n Equation.3 - коефіцієнт пакету стовбурів, що залежить від способу трелювання деревини, $k_n = 1,6$ Equation.3 .

Звідки площа в контурі кліщів захвату буде рівна:

$$F_z = \frac{3,5}{10 \times 0,65 \times 0,76} \times 1,6 = 1,13, \text{ м}^2.$$

За умови, що закриті важелі кліщовому захвату утворюють форму еліпса, то найбільший його діаметр визначається так:

$$Q_c = \sqrt{\frac{4F_z}{\rho}} \times c;$$

де: c – співвідношення осей еліпса, $c = 1,2$.

Звідки, максимальний діаметр еліпса рівний:

$$Q_c = \sqrt{\frac{4 \times 1,13}{3,14}} \times 1,2 = 1,32, \text{ м}.$$

А відповідно, найменший діаметр площі кліщового захвату визначається як відношення:

$$b_c = \frac{Q_c}{c};$$

і буде рівний:

$$b_c = \frac{1,32}{1,2} = 1,1, \text{ м}.$$

Згідно визначених параметрів, таких як площа внутрішнього контуру захвату, та діаметри еліпса (F_z Equation.3 , Q_c Equation.3 , b_c Equation.3), запроєкуємо довжини основних елементів кліщового захвату (рисунок 2.7).

Згідно загальних параметрів кліщового захвату встановлюємо наступні конструктивні розміри основних елементів захвату:

- Довжина водила (l_e) - 20см;
- Довжина кожної тяги (l_m) - 40см;
- Довжина важеля ($l_{важ}$) - 70см;
- Довжина захоплюючого важеля ($l_{з.важ}$) - 90см.

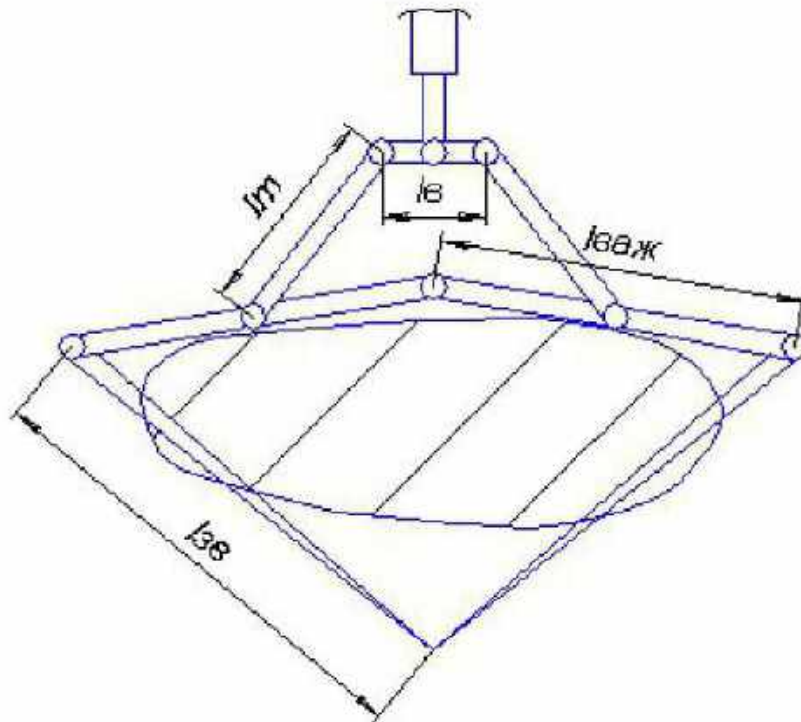


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема основних елементів кліщового захвату

Параметри основних складових елементів, встановлені для виконання силового та кінематичного аналізу роботи конструкції захвату.

Невідоме розміщення круглих лісоматеріалів в процесі формування пакету, а також сил взаємодії між ними, ускладнює визначення зусиль в кінцях захвату, де буде розвиватися найбільший момент. З врахуванням нерівномірного навантаження кліщових важелів при формуванні пакету лісоматеріалів, зусилля на кожному з них можна визначити за формулою:

$$N_d = \frac{k_{np} \times V_p \times g \times \mu \times g \times M_a}{(1 + M_a \times M_b) \times \sin b + (M_a - M_b) \times \cos b};$$

де: k_{np} Equation.3 – коефіцієнт, що враховує опір видовження лісоматеріалів при їх захопленні, $k_{np} = 1,2$ Equation.3 ;

g – питома вага деревини в пакеті на основі породного складу лісу на площі, $g = 800$ Н/м²;

n – коефіцієнт, що вказує, яка частина маси пакету сприймається захватом (спирається на захват), $n = 0,6$;

M_a, M_b – коефіцієнти тертя лісоматеріалів об опору кліщового захвату під час трелювання деревини, $M_a = 0,6; M_b = 0,3$;

b – кут нахилу важеля кліща захвату при захопленні пакету лісоматеріалів, $b = 60^\circ$.

Звідки, зусилля на кінцях кліщових важелів захвату буде рівним:

$$N_{\partial} = \frac{1,2 \times 3,5 \times 800 \times 0,6 \times 0,81 \times 0,6}{(1 + 0,6 \times 0,3) \times \sin 60^\circ + (0,6 - 0,3) \times \cos 60^\circ} = 10125,76, \text{ Н.}$$

За отриманим значенням зусилля на кінцях затискних важелів захвату, розраховуємо всі елементи та привід кліщового захвату.

2.4. Розрахунок технологічних сил, що виникають в ланках та шарнірах кліщового захвату обладнання

Розглянемо метод силового розрахунку механізму кліщового захвату на основі теореми Н.Є. Жуковського, попередньо прийнявши, що найнавантаженішим положенням механізму, вважаємо момент змикання важелів з максимально розведеного положення до мінімально необхідного.

Такий випадок відповідає розкриттю кліщового важеля на кут $j = 75^\circ$. Розв'язуючи задачу за заданим навантаженням, визначаємо величину рухомого зусилля гідроциліндра $P_{щ}$. Для цього скористаємося розрахунковою схемою поданою на рисунку 2.8.

Для даного механізму із стаціонарними зв'язками, в якого можливі переміщення співпадають з дійсними елементарними переміщеннями,

математичний вираз системи рівноваги важільного механізму можна записати виразом рівняння рівноваги:

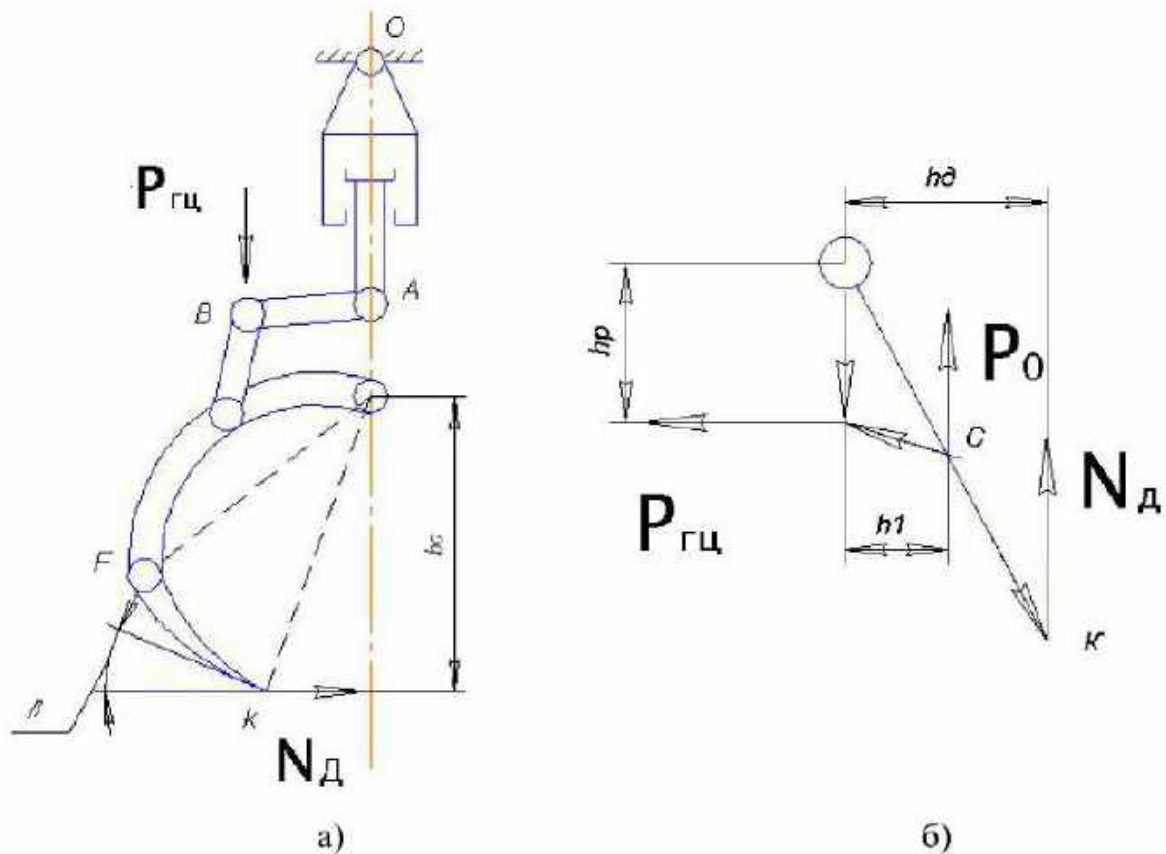
$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot u_i \cdot \cos a_i - \sum_{i=1}^n N_i \cdot \frac{u_i}{\omega} = 0;$$

де: P_i – задані (відомі) сили в механізмі кліщового захвату;

u_i – швидкості точок прикладання заданих сил P_i ;

$u_i \cos a_i$ – проект швидкостей точок прикладання заданих сил на лінії дії зусиль P_i ;

N_i – потужності заданих сил P_i .



а – розрахункова схема елементів кліщового захвату; б – план швидкостей механізму

Рисунок 2.8 – Розрахункова схема кліщового захвату навісного трелювального обладнання

Для дослідження механізму методом Жуковського складаємо план швидкостей ланок механізму та прикладаємо на ньому діючі зусилля P_i Equation.3 і зрівноважуючу силу, повернувши її на кут 90° до фактичного напрямку дії (рисунок 2.8 б).

Так як захват при змиканні кліщів приводиться в дію гідроциліндром, то із рівняння стану рівноваги кліщового захвату, визначаємо мінімальне необхідне зусилля гідроциліндра за формулою:

$$P_{cy} = \frac{N_d \mathcal{A}_{cy}}{h_p}$$

При цьому приймаємо умовно, план швидкостей за важіль навантажений силами N_d , P_{cy} крім цього, згідно приведеної системи, яка на плані швидкостей механізму, можна визначити розрахункові навантаження в рухомих шарнірах кліщового захвату.

2.5. Розрахунок величини реальних технологічних сил, що виникають в складових елементах кліщового захвату

Припустимо, що під час роботи кліщового захвату, на кожен затискний важіль діють приблизно однакові за величиною сили. Тому, розрахунки виконуємо для однієї половини кліщового захвату в силу його елементарної та симетричної конструкції.

За розрахунковою схемою (рисунок 2.8 б), будуємо план швидкостей та визначаємо їх фактичні значення. При цьому, вважаємо для розрахунків, що кутова швидкість повороту кліщового важеля є постійною в момент закривання кліщового захвату $w_1 = const$. Тоді постійна швидкість кліщового важеля захвату (в точці приведення), буде виражатися формулою:

$$V_{Ki} = w_1 \mathcal{A}_{nC};$$

а швидкість шарніру D захвату, відповідно як:

$$V_D = w_1 \mathcal{A}_{DC}$$

Вектори $\overline{V_K}$ та $\overline{V_D}$ направлені перпендикулярно силам V_C по напрямку руху кліщового важеля при закриванні захвату. Аналогічно виконується побудова вектора швидкості $\overline{V_B}$, а його векторна сума складає:

$$\overline{V} = \overline{V_B} + \overline{V_{BD}};$$

Для знаходження фактичного зазначення $\overline{V_B}$ використовуємо масштаб плану швидкостей, який визначається як:

$$m_v = \frac{V}{P_u k};$$

тоді:

$$V_B = w_1 \times \angle_{DC} + \frac{m_v}{P_u k}.$$

Вектор встановлює, що $\overline{V_{BD}}$ – перпендикулярний до ланки BD. Таке значення швидкості буде однакове для всієї ланки, а отже і для шарніру A.

Для визначення зрівноважуючого зусилля силового гідроциліндра захвату, з плану швидкостей знаходимо розмір h_θ :

$$h_\theta = (P \dot{U} k) \times \cos(\angle DKH) = (P \dot{U} k) \times \cos(180 - 24);$$

Звідки:

$$h_\theta = 75 \times \cos(180 - 2 \times 75) = 64,95 \text{ мм},$$

а також розмір h_p :

$$h_p = (P \dot{U} H) \times \frac{V_n}{(P \dot{U} k)} = (P \dot{U} \theta) \times \frac{w_1 l}{(P \dot{U} k)}.$$

Звідки:

$$h_p = \frac{30 \times 100}{75} w_1 = 40 w_1;$$

При $w_1 = 1$, $h_p = 40$ мм;

Тоді:

$$\frac{1}{2} P_{\text{ст}} = \frac{100 \times 62,5 \times 64,95}{40} = 16,3 \text{ кН}.$$

Робоче зусилля гідроциліндра для двох кліщів захвату складає:

$$P_{2y} = 2 \times 6,3 = 32,6 \text{ кН.}$$

Приймаємо діюче значення зусилля гідроциліндра з певним запасом, тоді воно складає: $P_{2y} = 35,0 \text{ кН.}$

Тоді максимально діюче зусилля в шарнірі кліщового захвату, визначаємо за формулою:

$$P = \frac{0,5 P_d \times h_p}{h};$$

де: h - плече дії сили P_d відносно положення швидкості.

Параметр h визначається із співвідношення :

$$\frac{N_d}{P_d} = \frac{h_d}{h} = \frac{l_{кС}}{l_{DC}};$$

Звідки:

$$h = \frac{h_d \times l_{DC}}{l_{кС}} = \frac{h_d \times \sin b}{b_c};$$

Підставивши значення отримаємо:

$$h = \frac{64,95 \times 0,5 \times \sin 75}{1,14} = 18,43 \text{ мм.}$$

Отже:

$$P = \frac{0,5 \times 35 \times 0,40}{18,43} = 37,98 \text{ кН.}$$

За розрахунковим зусиллям в шарнірах А, В, Д, О, визначасмо допустимі діаметри шарнірних осей за формулою:

$$t_{зр} = \frac{4 \times P_i}{\rho \times d^2 \times k} \left[\text{зр} \right];$$

Звідки, діаметр осі круглого січення, виражатиметься як:

$$d^3 = \sqrt{\frac{4 \times P_i}{\rho \times \left[\text{зр} \right] \times k}};$$

де: k – розрахункове число зрізів на одну вісь, $k = 2$.

$[\sigma_{зр}]$ – допустиме напруження матеріалу на зріз, яке для Сталі 45 ГОСТ 1384-78, буде $[\sigma_{зр}] = 1500 \text{ Н/см}^2$.

Для зручності подання інформації про отримані результати розрахунків, зведемо їх в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові значення мінімально допустимих діаметрів осей рухомих шарнірів кліщового захвату

Показники	Позначення шарнірів на схемі			
	А	В	С	Д
Величина діючої сили, кН.	35,0	17,5	(35,0+24,66)	37,99
Мінімальний діаметр шарніру, мм.	38,6	27,3	50,3	40,2

Для створення робочого зусилля силовим гідроциліндром управління кліщовим захватом, в гідросистемі технологічного обладнання рідина повинна подаватися під певним тиском, який визначається за формулою:

$$P_{ном} \approx \frac{P_{зц}}{S} = \frac{4 \times P_{зц}}{\rho \times d_2^2};$$

де: d_2 – діаметр поршня силового гідроциліндра кліщового захвату, конструктивно приймаємо $d_2 = 80 \text{ мм}$. Згідно стандартних розмірів серійних гідроциліндрів.

Звідки, номінальний тиск рівний:

$$P_{ном} = \frac{4 \times 5000}{3,14 \times 0,08^2} = 7 \text{ МПа.}$$

В гідросистемі трактора, робочий тиск доцільно прийняти на 20 , 30% більший у зв'язку з гідравлічним опором системи та можливими перевантаженнями під час набору і трелювання деревини. Трактор також буде обладнаний силовим гідроциліндром руху стріли, тому тиск в системі потрібно

встановити за більшим робочим тиском в гідроциліндрах технологічного навісного обладнання.

2.6. Перевірочний розрахунок поперечного перерізу важеля кліщового захвату

Під час трелювання деревини в напівзавантаженому стані, коли ондна частина пачки волочиться по землі, за затискні важелі кліщового захвату діятиме сила, що намагатиметься їх зігнути на певній висоті. Рівнодіюча прикладання згинаючої сили, що діє на кожен затискний важіль, розміщуватиметься приблизно на третині висоти важеля (рисунок 2.9).

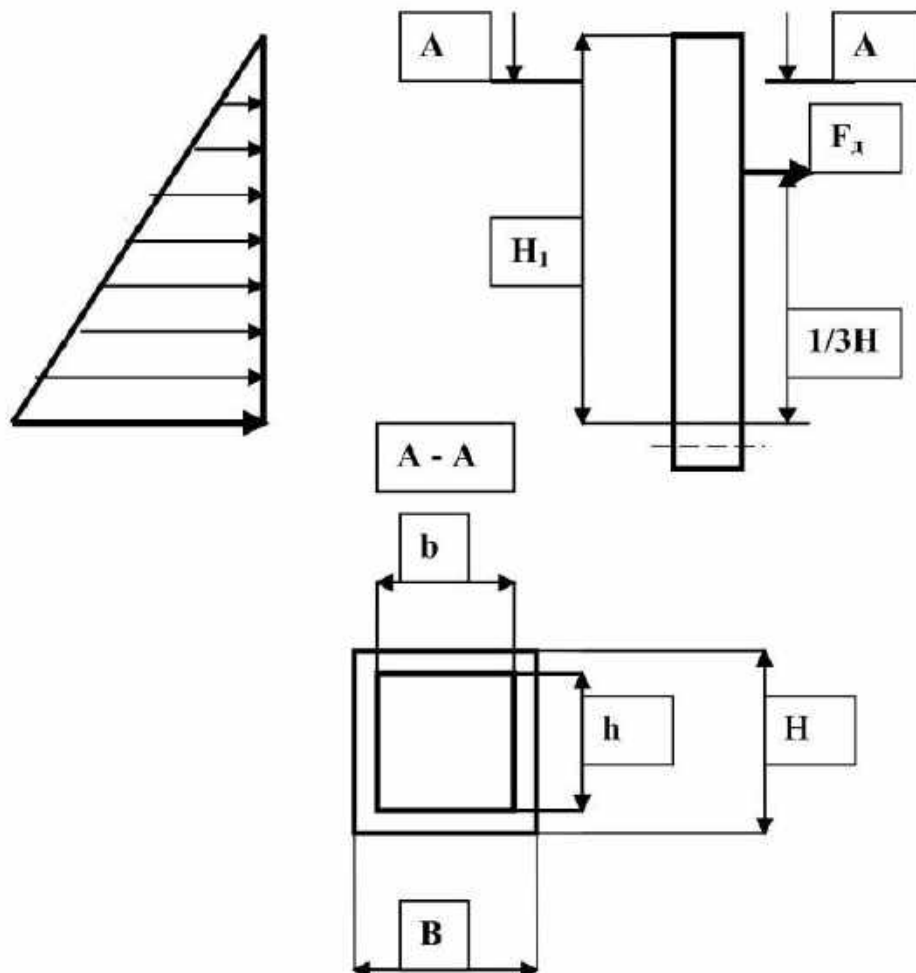


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема важелі кліщового захвату трелювального обладнання

Попередньо приймаємо, що важелі кліщового захвату є пустотілими, а їх поперечний переріз нагадуватиме прямокутник (рисунок 2.9). Це враховуємо під час розрахунку їх на міцність.

Розрахунок виконуватимемо згідно умови міцності на згин:

$$s = \frac{M_{\text{зг}}}{W} \cdot \xi [s]_{\text{доп}},$$

де $M_{\text{зг}}$ – максимальний згинальний момент, що діє на затискний важіль кліщового захвату під час трелювання деревини, кН·мм.

$$M_{\text{зг}} = \frac{1}{3} \cdot H_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot F_d,$$

де H_1 – довжина затискного важеля кліщового захвату, яка прийнята із запасом, що позитивно відобразиться на міцності, мм; $H_1 = 1282,0$ мм.

$$M_{\text{зг}} = \frac{1}{3} \cdot 1282,0 \cdot \frac{1}{2} \cdot 12,5 = 3952,0 \text{ кН} \cdot \text{мм}.$$

W – момент опору поперечного перерізу у вигляді пустотілого прямокутника, виражається як:

$$W = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{6H},$$

де B, b, H, h – відповідні, попередньо прийняті розміри поперечного перерізу важеля кліщового захвату навісного обладнання, мм.

$B = 120$ мм; $b = 90$ мм; $H = 120$ мм; $h = 112,0$ мм – згідно розмірів аналогічного трелювального обладнання.

$$W = \frac{98,0 \cdot 120,0^3 + 90,0 \cdot 112,0^3}{6 \cdot 120,0} = 410816,0 \text{ мм}^3;$$

$$s = \frac{3952,0 \cdot 10^3}{410816,0} = 9,6 \text{ МПа}$$

$[s]_{\text{доп}}$ – гранично допустиме згинальне напруження, яке витримує матеріал важеля кліщів, $s_r = 380 \text{ МПа}$ – для матеріалу Сталь 3 ГОСТ 1485-78. Для вираження дії сили одного знаку на матеріал важелів, приймається коефіцієнт, $[s]_{\text{доп}} = 0,6$.

$$[s]_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 380,0 = 228,0 \text{ МПа}$$

228,0 МПа \geq 9,6 МПа – відповідно до розрахункових значень, умова міцності затискного важеля кліщового захвату виконується, що свідчить про відповідність розмірів перерізу силовим навантаженням

2.7 Уточнений розрахунок параметрів силового гідроциліндру приводу затискних важелів кліщового захвату

Із врахуванням силового навантаження, що виникає на затискних важелях кліщового захвату, зусилля на штоці силового гідроциліндра, виражатиметься як:

$$F_p = F + F_{тр}, \text{кН}$$

де $F_{тр}$ - сила тертя, що виникає між рухомими деталями гідроциліндра, кН

$$F_{тр} = (0,05 - 0,1)F, \text{кН}.$$

$$F_{тр} = 0,1 \cdot 37,01 = 3,70, \text{кН}$$

$$F_p = 37,01 + 3,70 = 40,71, \text{кН}$$

Уточнений діаметр поршня гідроциліндра затискного механізму кліщового захвату буде:

$$D = \sqrt{4F_p / \pi \rho} = \sqrt{4 \cdot 40,71 / 3,14 \cdot 63} = 77 \text{ мм}$$

де ρ – прийнятий номінальний тиск в гідросистемі приводу затискних важелів кліщового захвату обладнання, $\rho = 63$ МПа.

Відповідно до характеристики стандартних гідроциліндрів, приймаємо більший діаметр поршня $D = 90$ мм.

Тоді висота поршня для отриманого діаметру становитиме:

$$h = (0,2 - 1) \cdot D = 0,5 \cdot 90 = 45 \text{ мм}$$

Загальна ефективна площа поршня гідроциліндра механізму затиску важелів буде мати таке значення:

$$S = \rho \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot (0,09)^2 / 4 = 0,006 \text{ м}^2$$

Попередня розрахункова витрата гідрорідини, що забезпечить необхідну швидкість робочого ходу штоку, буде такою:

$$Q = S \mathcal{W}_r = 0,006 \times 0,35 = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}$$

А витрати гідрорідини в гідроциліндрі приводу важелів кліщового захвату обладнання, складуть:

$$Q_b = k \times \phi_p = 0,5 \times 10^{-6} \times 4 = 2 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Дійсні витрати гідрорідини, що забезпечують задану швидкість робочого ходу штоку гідроциліндра будуть:

$$Q_s = Q_b + Q_a = 2 \times 10^{-6} + 0,002 = 0,002002 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді, об'ємний коефіцієнт корисної дії гідроприводу механізму затиску кліщів захвату буде:

$$h_v = Q_m / Q_s = 0,002 / 0,002002 = 0,99$$

Розрахунковий діаметр подвійних отворів гідроприводу затиску важелів:

$$d^3 = \sqrt{4a/2V} = \sqrt{4 \times 0,002002 / (3,14 \times 0,35)} = 0,08 \text{ м}$$

Приймаємо заокруглене значення $d^3 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$

Розрахункова товщина стійки гільзи силового гідроциліндра, визначається з врахуванням попередніх результатів розрахунку:

$$b = \frac{P_g D}{2,3[s] P_q}, \text{ м}$$

де $[s]$ - допустиме напруження на розтяг матеріалу дна повзунка гільзи,
 $[s] = 4 \times 10^7 \text{ МПа}$;

P_q - прийнятий умовний тиск в гідросистемі трелювальної машини,
 мПа.

$$P_q = (1,2 - 1,3) \times P = 1,25 - 6,3 = 7,875 \text{ МПа}$$

$$b = \frac{7,875 \times 10^5 \times 0,09}{2,3 \times 10^7 \times 7,875 \times 10^5} = 0,8 \text{ см}$$

Розрахункова мінімальна товщина кришки гідроциліндра:

$$b_k = 0,433 \times \sqrt{\frac{P_w}{[?]}} \text{ м}$$

$$b_k = 0,433 \times 0,015 \times \sqrt{\frac{7,875 \times 10^5}{4 \times 10^7}} = 0,0028 \text{ м}$$

Розрахунковий діаметр штока гідроциліндра з умови його поздовжньої стійкості, визначимо використовуючи формулу Ейлера:

$$P/f = \frac{p^2 \times E}{l^2} < 6kp$$

де P - максимальна сила, що розвивається на штоку гідроциліндра механізму затиску кліщового захвату, Н

f - розрахункова площа поперечного перерізу штоку, м²;

l - вираз гнучкості штоку гідроциліндру, $l = \frac{k \times l}{i}$;

i - радіус інерції штоку, $i = 0,25d$;

l - розрахункова довжина штоку, м;

k - коефіцієнт, що залежить від способу затискання важелів захвату,

$k = 1$.

$$d = \sqrt{\frac{l}{0,25}} \times \sqrt{\frac{26,32 \times 10^3}{2 \times 10^{11}}} \times 0,009 = 0,02 \text{ м},$$

Остаточно приймаємо діаметр штоку $d = 0,03 \text{ м}$.

2.7.1 Уточнений розрахунок сил тертя в гідроциліндрі кліщового захвату

Для розрахунку сил тертя між елементами гідроциліндра, скористаємося формулою:

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}} \cdot \kappa H$$

де $F_{\text{тр1}}$ - тертя, яке виникає між ущільненнями штоку і ущільненням поршня гідроциліндра, Н

$$F_{\text{тр1}} = p \times d_{\text{цп}} \times b_h \times f_s$$

де $d_{\text{цп}}$ - діаметр гільзи гідроциліндра кліщового захвату, м;

f - коефіцієнт тертя між ущільненнями та поверхнями;

$$f = 0,0144 - 0,026; \quad b = (1 - 6) \times 10^3, \text{ м}$$

i - кількість кілець ущільнення;

$$F_{\text{врт}} = 4,72H, \quad F_{\text{врт}} = 157,3H,$$

Тоді:

$$F_{\text{врт}} = 4,72 \cdot 157,3 = 162,02H$$

Розрахунковий механічний к.к.д. силового гідроциліндра затискача, буде:

$$h_{\text{м}} = (F_p - F_{\text{врт}}) / F_p$$

$$h_{\text{м}} = (28952 - 157,3) / 28952 = 0,99$$

Розрахункова потужність, що розвивається гідроциліндром для закривання затискних валелів, становитиме:

$$N_p = Q_g \cdot P$$

$$N_p = 12,6 \text{ кВт}$$

Загальна ефективна потужність силового гідроциліндра механізму затиску, визначається, як:

$$N_e = F \cdot \mathcal{K}$$

$$N_e = 28952 \cdot 0,35 = 10 \text{ кВт}$$

Загальний к.к.д. гідравлічного приводу механізму кліщового затискача:

$$h_{\text{м}} = h_{\text{м}} \cdot \eta_0$$

$$h_{\text{м}} = 0,99 \cdot 0,99 = 0,98$$

2.8 Розрахунок діаметру вісі встановлення гідроциліндру приводу затискного механізму

Схема встановлення осі та встановлення на ній вуха силового гідроциліндра, дозволяє побудувати розрахункову схему у вигляді двох опорної балки з прикладеною по середині силою (2.8).

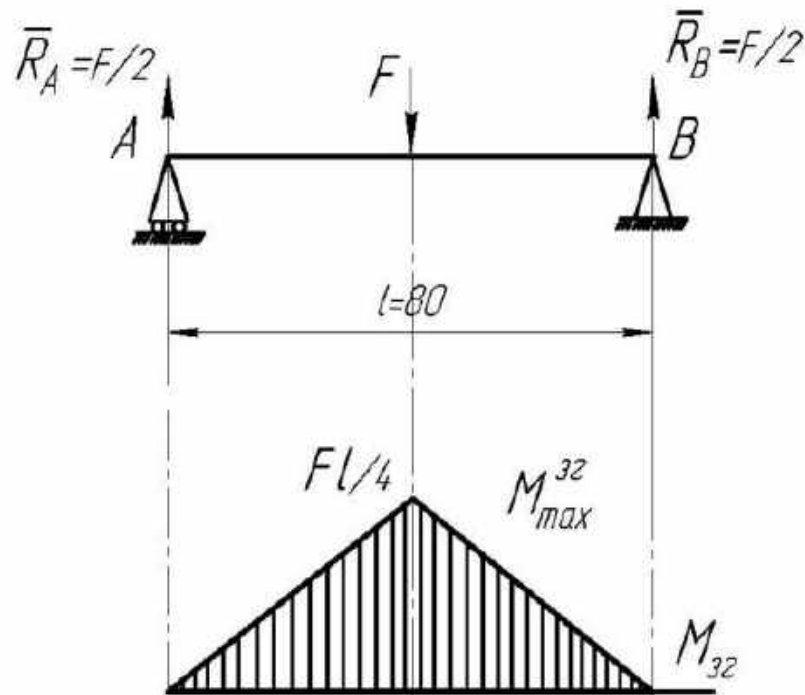


Рисунок 2.10 – Розрахункова дії сили на вісь силового гідроциліндра

Очевидно, що для такої розрахункової схеми, максимальний згинальний момент виражатиметься формулою:

$$M_{32}^{\max} = \frac{Fl}{4};$$

де l – прийнята довжина вісі встановлення гідроциліндра, мм.

$$M_{32}^{\max} = \frac{38000 \times 80}{4} = 760000,0 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Матеріалом вісі встановлення гідроциліндра буде Сталь 45 ГОСТ 1050-74, яка має гранично допустиме напруження на згинання $597,8 \text{ Н/мм}^2$.

Під дією однознакового навантаження граничне напруження в матеріалі буде іншим, тоді:

$$[\sigma] = 0,6 \times \sigma_B = 0,4 \times 597,8 = 239,12 \text{ Н/мм}^2$$

Таким чином, розрахунковий діаметр вісі буде таким:

$$d = \sqrt[3]{\frac{760000,0 \times 82}{[239,12] \times 14}} \approx 32,0 \text{ мм}$$

Приймаємо остаточний розрахунковий діаметр вісі встановлення гідроциліндру затискача навісного обладнання 32,0 мм.

2.9 Охорона праці, навколишнього середовища та безпека в надзвичайних ситуаціях

Безпечну експлуатацію проєктованого устаткування слід розглядати в спектрі його технологічного застосування. В цьому ж спектрі слід наголосити на основних вимогах техніки безпеки та охорони праці. Першочергово, проєктоване устаткування слід експлуатувати за призначенням з навантаженнями, що не перевищують рекомендованих для даної конструкції.

Загалом, вимоги охорони праці та техніки безпеки перекликаються з аналогічними вимогами, що стосуються експлуатації колісних безчокерних тракторів та є прописані у відповідних положеннях. Зокрема, кліщовий віброзахоп потребує регулярних технічних оглядів та регламентованих ремонтів. В кінці кожної робочої зміни, слід виконувати очищення захопу від бруду та гілок. Під час робочого процесу, категорично заборонено захоплювати та піднімати примерзлі до ґрунту лісоматеріали. У випадку зниження робочого тиску гідрорідини в системі, слід припинити експлуатацію обладнання.

Робоча зона тракторного агрегату, має мати добре освітлення і в радіусі 20м заборонене перебування сторонніх осіб. У випадку погіршення погодніх умов, що призводить до погіршення видимості на відстані менше 50м, зниження шеплення ходової частини з ґрунтом, що призводить до буксування, технологічний процес слід припинити до покращення умов.

До роботи на трелювальній машині, слід допускати осіб, що пройшли відповідне навчання з підтверджуючими документами та придатні за стагном здоров'я. Перед допуском до роботи, оператор машини має пройти відповідний інструктаж з техніки безпеки. Під час роботи нас лісосіці, трелювальна машина має використовуватися у відповідності до структури технологічного процесу. Основним обмеженням для колісної трелювальної машини є рельєф, середній ухил якого не має перевищувати 22⁰.

Трелювальна машина з проєктованим віброзахопом, призначення для автономного використання без застосування додаткової ручної праці, забезпечуючи стовідсоткову механізацію операції трелювання. Тобто, в робочій зоні має перебувати лише оператор. Під час переміщення пакету деревини не можна наближатися до шляху руху машини ближче десяти метрів. Така ж вимога стосується і під час виконання допоміжних робіт, пов'язаних з вирівнюванням відземків лісоматеріалів.

2.9.1 Заходи з охорони навколишнього середовища

Під час роботи трелювальних машин в лісовому середовищі, потенційна шкода докільню може завдаватися через забруднення атмосфери відпрацьованими газами, забруднення ґрунту та водних об'єктів паливно-мастильними матеріалами, через руйнування рослинного шару та ґрунту, а також шляхом механічних пошкоджень дерев, що залишаються на площі. Для зменшення прояву зазначених негативних наслідків, слід вживати відповідних превентивних заходів.

Першочергово, слід використовувати в якості пального те, яке має рослинну основу та маркується як біопальне. Крім того, слід встановлювати додаткові фільтрувальні та вловлюючі елементи, які зменшують викиди найбільш шкідливих домішок. Під час технічного обслуговування та заправки техніки, а також в процесі експлуатації, слід уникати протікання відповідних агрегатів та дотримуватися всіх застережних заходів для уникнення попадання паливно-мастильних матеріалів в ґрунт чи водні об'єкти.

Під час трелювання деревини із застосуванням в якості технологічного обладнання кліщового захопу, пошкодження ґрунту відбувається, як від ходової частини машини, так і внаслідок переміщення по поверхні не завантаженої частини пачки деревини. Для зменшення руйнування ґрунту, бажано використовувати широко профільні шини низького тиску, а трелювання деревини доцільно виконувати в зимову пору року по замерзлому ґрунту. В літню пору, слід використовувати допоміжні трелювальні засоби, як от пени.

В лісовому середовищі негативним є також шумове навантаження, що створює некомфортні умови для лісових мешканців, саме тому, роботи із застосуванням техніки, слід планувати в періоди найменшої активності фауни – в осінньо-зимовий період. Шляхи руху трелювальної техніки, слід прокладати не тільки з умови найкоротшої відстані трелювання, але й з умови уникнення проїзду найбільш вразливими ділянками ґрунтового лісового покриву.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ КЛІЩОВОГО ВІБРОЗАХОПУ

3.1. Актуальність дослідження міцності нестандартних деталей кліщового віброзахопу

Загальне компонування навісного трелювального обладнання у вигляді віброзахопу для малогабаритного трактора, складається включає стандартні та нестандартні деталі, що формують цілісну конструкцію. Якщо характеристика стандартних деталей є відома, то властивості більшості нестандартних деталей не відомі і потребують детального дослідження перед експлуатацією проєктованого устаткування. Першочергово тут слід враховувати умови роботи обладнання та матеріал і звичайно технологічні навантаження, що діятимуть в процесі робочого циклу.

Зазвичай в конструкції виділяють найбільш відповідальні деталі від яких залежить функціонування всього механізму та менш важливі деталі, які зазвичай виконують другорядні функції і які можна легко замінювати навіть на робочому місці. Найбільш вадливим стандартним елементом конструкції проєктованого кліщового захопу є силовий гідроциліндр для кріплення якого в корпусі захопу використовуються відповідні кріпильні елементи або пальці. Зважаючи на специфічність конструкції обладнання та технологічні сили, що діють на нього, кріпильні пальці силового гідроциліндра були розраховані на відповідні технологічні навантаження і їх розміри, зокрема діаметр, прийнято із врахуванням матеріалу для їх виготовлення. Разом з тим, через їх велике значення в конструкції обладнання, ці кріпильні елементи доцільно більш детально дослідити на міцність та поведінку матеріалу під максимальним технологічним навантаженням.

Подібні дослідження є досить складними та матеріало витратними тому, враховуючи сучасні можливості програмного забезпечення доцільно скористатися відповідними інженерними програмами такими як SOLIDWORKS. Це дозволить в разі спростити як методику так матеріальне забезпечення даного дослідження і забезпечить прийнятні результати.

3.2 Планування та послідовність проведення дослідження міцності з'єднувального пальця навісного трелювального обладнання

Процедура виконання дослідження із використанням комп'ютерної програми регламентується самою програмою і її дотримання є обов'язковим для забезпечення роботи програми. На достовірність результату, першочергово впливають розміри та матеріал досліджуваного зразка і відповідні силові навантаження, що діють на нього. Також, необхідно якомога детальніше відобразити конструкторські зв'язки, що мають вплив на процес дослідження.

Під час сформування вихідних умов для досліду, головним чином спиратимемося на результати отримані в результаті теоретичних розрахунків та конструкторських рішень, тобто, готовий виріб перевірятимемо на відповідність його умовам експлуатації.

3.2.1 Розробка цифрової просторової моделі дослідного зразка

Для переходу до активної фази експериментального дослідження, слід попередньо відтворити просторову модель досліджуваної деталі. Цю процедуру також виконуватимемо в програмі SOLIDWORKS, при цьому використовуватимемо результати розрахунків геометричних розмірів деталі, отримані теоретичним шляхом.

Однією з головних умов при цьому, є точне зазначення місць кріплення елементів обладнання, що підлягають з'єднуванню. В даному випадку на з'єднувальному пальці слід вказати місце розміщення вух силового гідроциліндру та місця розміщення кріпильних вух на затискних важелях трелювального обладнання. Загалом, під час виконання теоретичних розрахунків, кріпильний палець згідно розрахункової схеми, представлявся як балка суцільного поперечного перерізу, яка розміщується на двох опорах.

Іншим головним чинником, який слід врахувати в процесі даної процедури, це місця розміщення зв'язків, тобто, місця закріплення пальця в посадкових місцях та спосіб закріплення. Загальний вигляд розробленої просторової цифрової моделі з'єднувального пальця подано на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Згенерована 3Д модель зєднувального пальця

Після розроблення тривимірної моделі дослідного зразка, можна приступати до етапу активних досліджень.

3.2.2 Відтворення на моделі деталі місця та способу її закріплення в трелювальному обладнанні

Відображення зв'язків на моделі деталі, виконуватимемо із врахуванням способу її закріплення та конструкторських особливостей. Таким чином, враховуючи умови роботи трелювального обладнання та місце в його конструкції з'єднувального елемента у вигляді пальця, приходимо до висновку, що обмежувальні зв'язки будуть жорсткими двосторонніми (рис.3.2). Місцями розміщення зв'язків на пальці, будуть кріпильні вуха. При цьому слід врахувати умову, що палець в процесі роботи обладнання обертатися не буде, тобто, буде вставлений у вуха з деяким попереднім натягом.

Одночасно із відображенням зв'язків на моделі пальці, відображаємо місце дії технологічної сили на палець. На розроблені й просторовій моделі відмічено площадку прикладання технологічної сили, місце розташування якої відповідає місцю закріплення вуха штоку силового гідроциліндра. Після вибору одиниць вимірювання, вводимо значення сили, що тдіє на деталь. На моделі це відображається відповідним зображенням (рис.3.2).

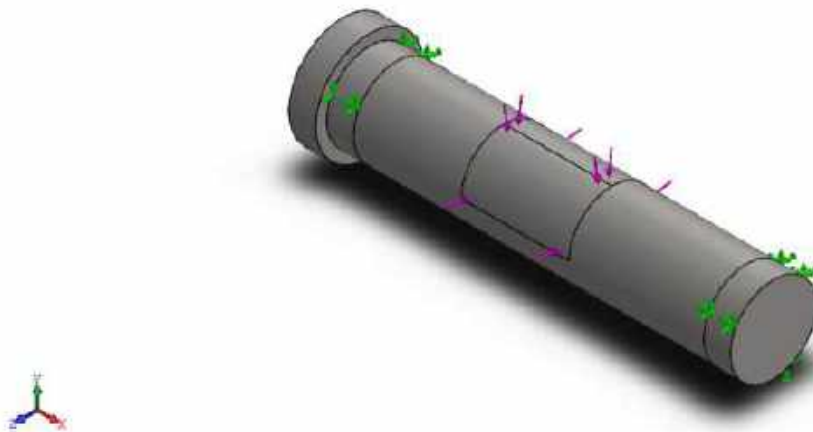


Рисунок 3.3 – Модель з'єднувального пальця кліщового віброзахопу із відображеними із зв'язками та технологічними силами

Під час цієї процедури, використовуємо значення величини технологічної сили, яке отримане в результаті теоретичного обґрунтування в попередньому розділі роботи. Також тут слід вказати матеріал з якого виготовлено деталь. В даному випадку, приймаємо в якості матеріалу звичайну вуглецеву сталь стандартної марки.

3.2.3 Побудова сітки напружень на поверхні дослідного зразка та виконання активної фази досліджень

Наступною процедурою є створення на поверхні деталі сітки напружень, яка слугує основою для формування картини напружень та змін, що відбуваються в матеріалі деталі під дією технологічної сили. Особливістю цього процесу є вибір оптимальної щільності вузлових точок напружень на одиниці площі поверхні деталі. Від цього залежить якість візуального відображення результату дослідження та необхідна точність результату. Відповідно до цього, на перший погляд, доцільно забезпечувати високу щільність, однак це не завжди доцільно робити, особливо під час дослідження деталі значних геометричних розмірів із великою площею поверхні. Висока щільність в такому випадку, лише призводить до ускладнення процесу

побудови, вимагає більшої потужності комп'ютера та не завжди забезпечує надто високу точність результату. Для умов нашого досліджу немає необхідності в отриманні результату більше двох знаків після коми, тому вибираємо середню щільність сітки напружень (рис.3.4)



Рисунок 3.4 – Згенерована на поверхні з'єднувального пальця сітка напружень

Це остання підготовча процедура, що передуює запуску програми на виконання безпосереднього дослідження характеру дії сили на деталь.

3.2.4. Активна фаза дослідження та основні результати прояву характеру дії технологічної сили

Даний етап дослідження відбувається в автоматичному режимі після запуску програми. По завершенню, програма видає результати в двох виглядах, а саме: в цифровому вигляді та з візуалізацією на зображенні (рис.3.5).

Візуалізовані результати дослідження міцності з'єднувального пальця є зручними для розуміння характеру змін, які відбуваються в матеріалі деталі. Кожна із характерних зон на поверхні деталі, подається в різному кольорі і при цьому відображається характер деформації деталі під дією сили. Це допомагає

відразу визначати небезпечні місця на які слід звертати увагу під час конструювання подібних деталей відповідної форми та поперечного перерізу.

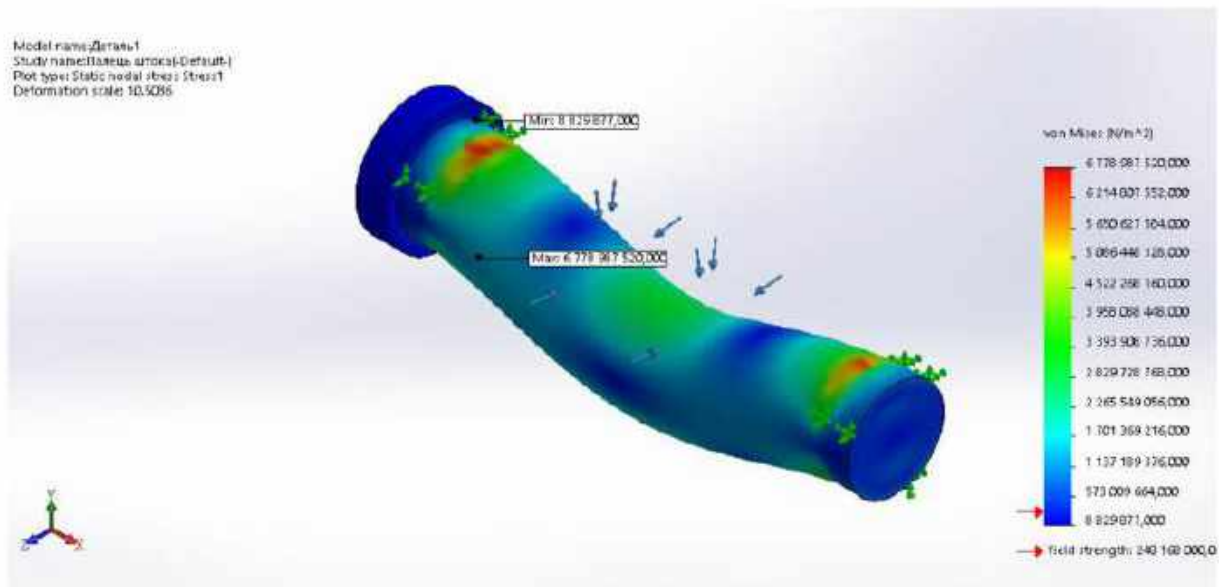


Рисунок 3.5 – Візуальне подання напружень в матеріалі з'єднувального пальця під дією технологічної сили

Аналіз візуального відображення розповсюдження напруження в матеріалі деталі, дозволяє зробити висновок про найбільшу їх концентрацію не в місці дії технологічної сили, тобто по середині, а в місцях розміщення зв'язків. Очевидно це пов'язано із способом закріплення пальця.

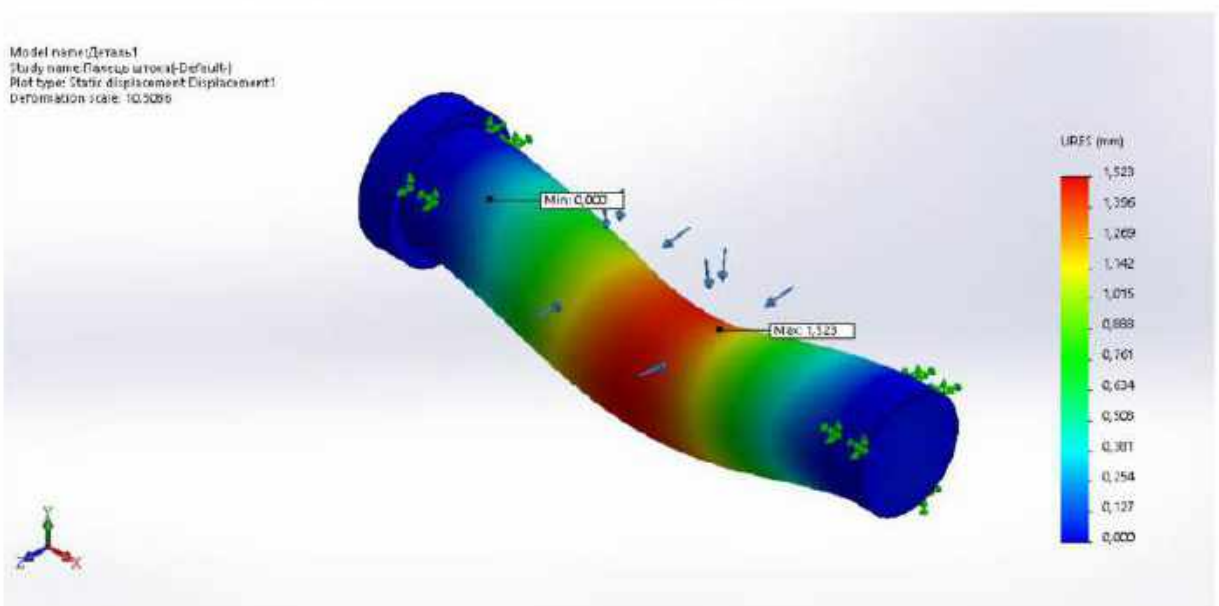


Рисунок 3.6 – Відображення зміщень в матеріалі зєднувального пальця

Зовсім інша картина спостерігається за результатами дослідження зміщень матеріалу (рис.3.6) в тілі з'єднувального пальця гідроциліндра віброзахопу. Найбільшого зміщення слід очікувати в місці розміщення провущини штоку гідроциліндра, тобто по середині з'єднувального пальця. В цьому місці у верхній частині поверхні відбуватиметься стискування матеріалу, тобто, формуватиметься зона стиску, а в нижній частині формуватиметься зона розтягу. Така ситуація відбувається внаслідок деформації пальця, тобто, коли відбуватиметься його згинання.

В посадкових місцях, деформації практично не відбувається, а тому не відбувається в цих місцях і зміщення матеріалу. Така ситуація свідчить про те, що для зменшення деформації пальця, зокрема деформації згину, його слід потовщувати в середній частині.

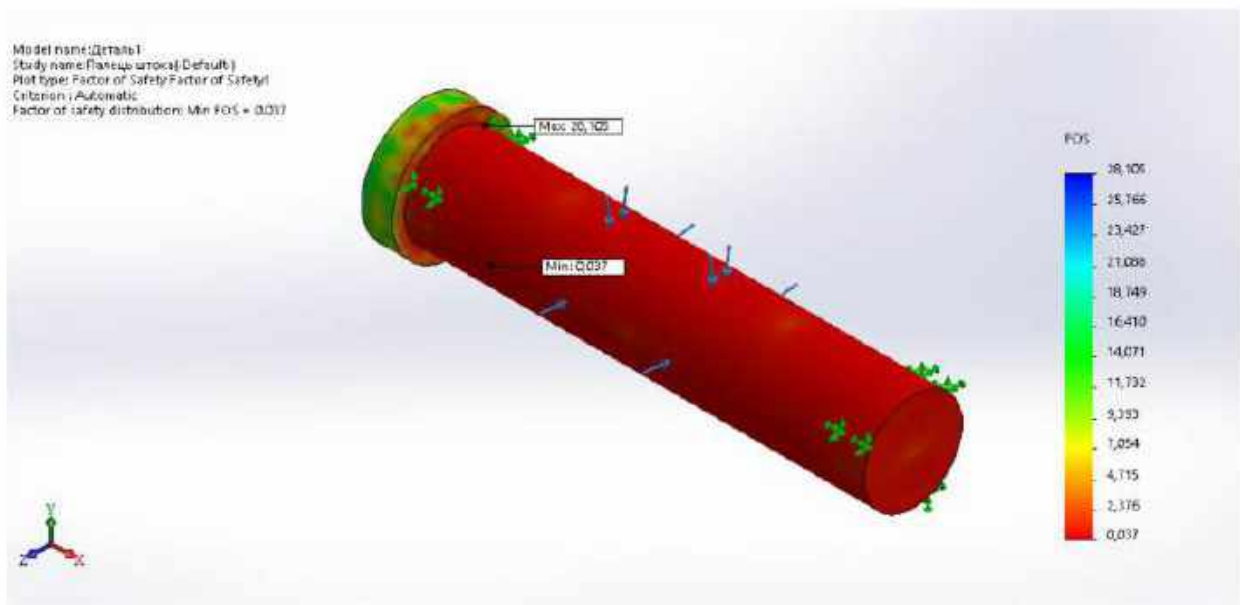


Рисунок 3.7 – Демонстрація коефіцієнту запасу міцності з'єднувального пальця гідроциліндру трелювального віброзахопу

Дослідження запасу міцності деталі (рис.3.7) показує, що найменший запас міцності буде в місці кріплення провущини штоку гідроциліндра. Тут за отриманими результатами, його значення буде в межах 1,5. Разом з тим, зважаючи, що в розрахунок було закладено значно більше значення технологічної сили, приблизно в два рази, то реальний коефіцієнт запору

міцності деталі становитиме не менше 2,5, що є достатнім для роботи та забезпечення міцності конструкції трелювального обладнання.

Найбільший коефіцієнт запасу міцності демонструється в місці розміщення звязків. Ситуація очевидна тому, що в цих місцях не відбувається деформація деталі, дія технологічних сил відсутня.

ВИСНОВКИ

– необхідність залучення до технологічного процесу лісосічних робіт малогабаритної техніки, вимагає розробки та виготовлення відповідного технологічного обладнання відповідно до функціонального призначення техніки та її технічних даних;

– одним із шляхів механізації трелювання деревини на доглядових рубках є використання малогабаритної техніки із трелювальним обладнанням, що не потребує застосування ручної праці під час набору і розвантаження деревини. Таким обладнанням є гідро маніпулятори та кліщові захопи;

– розроблене в роботі конструкція навісного трелювального обладнання, відрізняється своїми невеликими розмірами та наявністю вібраційного механізму на затискних важелях, що дозволяє покращити процес набору лісоматеріалів із попередньо сформованої пачки, особливо дрібно товарних стовбурів невеликого діаметру;

– робочі розрахунки та креслення обладнання мають практичне значення для його виготовлення, а також для розробки прототип них аналогів;

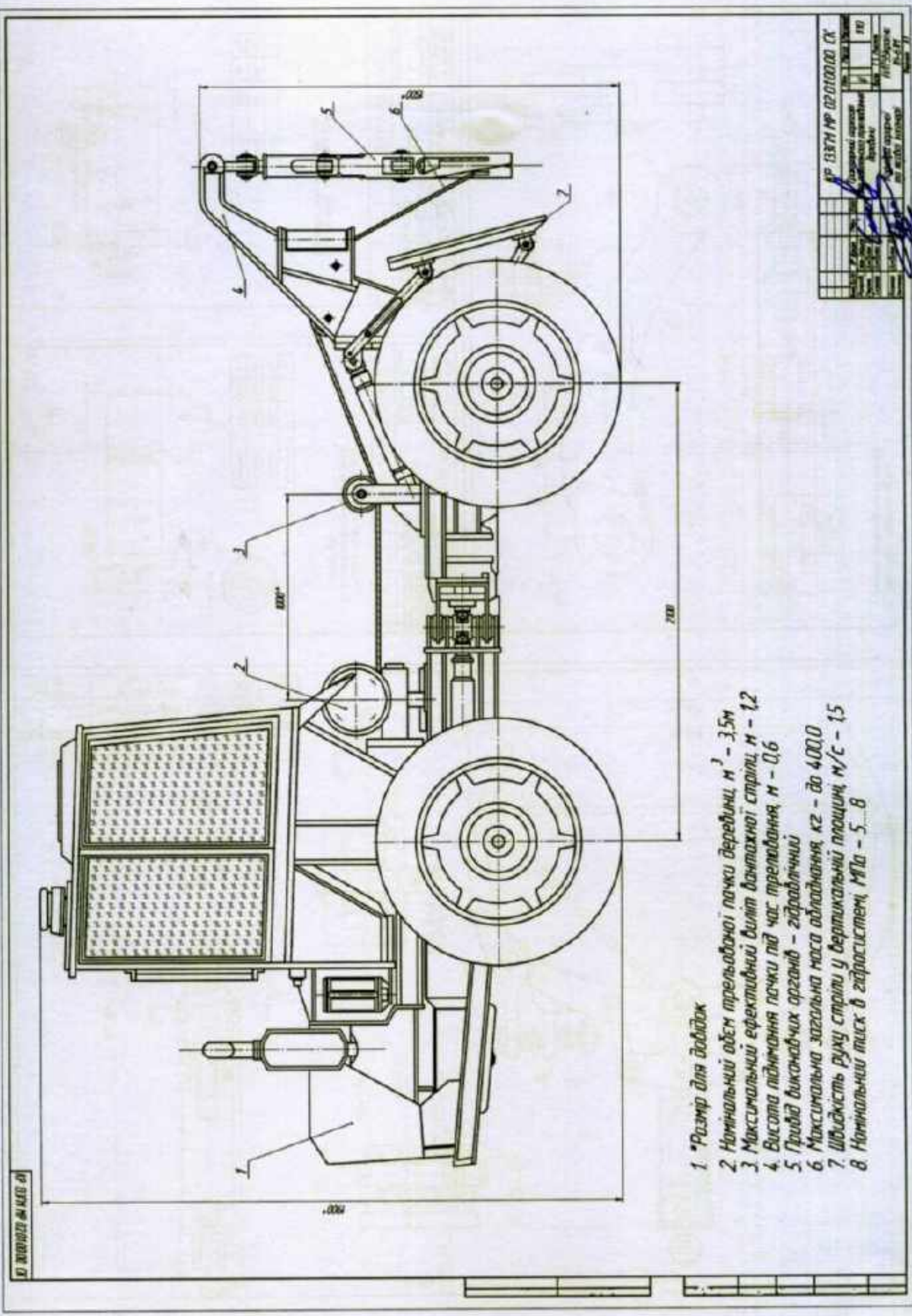
– дослідження міцності з'єднувального пальця гідро циліндру, підтвердили теоретичні розрахунки, виконані в попередньому розділі і свідчать про достатній коефіцієнт запасу міцності даної деталі та конструкції в цілому.

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



- 1. *Размір для довідок
- 2. Номінальний об'єм трельованої пачки деревини, м³ - 3,5м
- 3. Максимальний ефективний діаметр дантажної стріли, м - 1,2
- 4. Висота підняття пачки під час трельовання, м - 0,6
- 5. Грудид виконавчих органів - гідравлічний
- 6. Максимальна загальна маса аблявання, кг - до 400,0
- 7. Швидкість руху стріли у вертикальній площині, м/с - 15
- 8. Номінальний тиск в гідравлістемі, МПа - 5... 8

№ 13871 № 02.01.001.001 СК	
Інженер	В.М.М.
Проєктант	В.М.М.
Виконавець	В.М.М.
Перевірив	В.М.М.
Дата	11.11.11
Масштаб	1:1
Лист	1 з 1
Всього ліній	1
Всього сторінок	1

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
			КР 133ГМ.МР.02.02.05.00.СК	Кліщавий відрозахоп		
				<u>Деталі</u>		
		1	КР 133ГМ.МР.02.02.05.01	Гідрациліндр	1	
		2	КР 133ГМ.МР.02.02.05.02	Важіль	2	
		3	КР 133ГМ.МР.02.02.05.03	Пружина	2	
		4	КР 133ГМ.МР.02.02.05.04	Корпус	1	
		5	КР 133ГМ.МР.02.02.05.05	Втулка	1	
		6	КР 133ГМ.МР.02.02.05.06	Коромисло	1	
		7	КР 133ГМ.МР.02.02.05.07	Тяги	2	
		8	КР 133ГМ.МР.02.02.05.08	Гайка	2	
		9	КР 133ГМ.МР.02.02.05.09	Шайба	2	
		10	КР 133ГМ.МР.02.02.05.10	Пружина	2	
		11	КР 133ГМ.МР.02.02.06.05	Болт	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12		Гайка М20 ГОСТ 5915-70	2	
		13		Болт М17х150 ГОСТ 1491-75	2	
		14		Шайба 20 ГОСТ 1145-70	2	

КР 133ГМ.МР.02.02.05.00.СК			
ЗМАпк	№докум	Підпис	Дата
Розробив	Моль-Стецько	<i>[Signature]</i>	
Перевірив	Цимбалюк Ю	<i>[Signature]</i>	
Т.контр	Цимбалюк Ю	<i>[Signature]</i>	
Інженер	Цимбалюк Ю		
Затвердив			
Кліщавий відрозахоп (складальне креслення)			ІНТУ України ст. гр. ІН-61М