

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

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

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

**Розроблення навісного корчувального
устаткування для колісного екскаватора**

Виконав: студента групи ІН-41
спеціальності
131 “Прикладна механіка”
освітньо-професійної програми
“Промисловий інжиніринг”
Меленчук В. В.

Керівник: Гобела В. М.

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

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

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг


Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

Освітньо-професійна програма Промисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЛПВЛД

 доц. Бакай Б. Я.

"02" вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Меленчуку Володимирі Васильовичу

1. Тема роботи 1.1 Розроблення навісного корчувального устаткування для колісного екскаватора.

керівник роботи Гобела Володимир Миколайович, старший викладач,
затвержені наказом університету від "16" серпня 2024 року № С-508

2. Термін подання студентом роботи 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: на основі даних отриманих від загального огляду пневної деревини та способів корчування обґрунтувати технологічні параметри навісного корчувального пристосування; обґрунтувати параметри вузлів та окремих деталей запроєктованого пристосування.

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

1 Стан питання та задачі по корчуванні пнів

2 Розрахунок зусиль, які виникають під час розколювання шийки пня

3 Розроблення схеми запропонованого корчувального устаткування та розрахунок його конструктивних елементів

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

3 Розроблення конструктивної схеми та розрахунок елементів пристосування для корчування пнів (5 арк.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гобела В. М., старший викладач	05.05.25	15.05.25
2	Гобела В. М., старший викладач	16.05.25	29.05.25
3	Гобела В. М., старший викладач	30.05.25	10.06.25

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан питання та задачі по корчуванні пнів	05.05.2025-15.05.2025	
2	Розрахунок зусиль, які виникають під час розколювання шийки пня	16.05.2025-29.05.2025	
3	Розробляння схеми запропонованого корчувального устаткування та розрахунок його конструктивних елементів	30.05.2025-10.06.2025	
4	Формування розділів та оформлення кваліфікаційної роботи	11.06.2025-16.06.2025	

Студент


(підпис)

Меленчук В. В.

Керівник роботи


(підпис)

Гобела В. М.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра: 70 с., 3 ч., 5 табл., 25 рис., 6 дод., 6 джерел.

Тема : “Розробляння навісного корчувального устаткування для колісного екскаватора”.

ЕКСКАВАТОР, СТРИЛА, РУКІВ'Я, ПОВОРОТНА КОЛОНА, ГІДРОЦИЛІНДР, КЛИН, РОТАТОР, ЗАТИСКНІ ЛАПИ.

Розробляння навісного корчувального устаткування для колісного екскаватора

Об'єкт дослідження – технологічний процес корчування пнів з попереднім їх розколюванням приспосібленням яке встановлене на руків'я екскаватора.

Мета роботи – підвищення ефективності корчування крупномірних пнів шляхом удосконалення технологічного процесу корчування.

Методи дослідження – метод навчання, спостереження, порівняння, моделювання, аналогії як інструмент систематичного підходу дозволив проаналізувати низьку ефективність лісозаготівельних робіт та запропонувати шлях вдосконалення технологічного процесу.

На основі аналізу конструкції колісного екскаватора ЕО – 2621 В –2 розроблено конструктивну схему навісного приспосіблення для корчування крупномірних пнів з попереднім їх розколюванням. На основі аналізу методик розрахунку потрібних зусиль для розколювання деревини вибрано методику для визначення потрібного зусилля для розщеплення пня. Визначено потрібне зусилля для занурення клина в пень. Розроблено конструкцію даного приспосіблення, зокрема розраховано геометричні параметри гідроциліндра. Зроблено розрахунки окремих вузлів приспосіблення на міцність.

ABSTRACT

Bachelor's degree graduation thesis: 70 p., 3 ch., 5 tbl., 25 bill., 6 add., 6 literature sources.

Thesis topic: Development of attached uprooting equipment for a wheeled excavator.

EXCAVATOR, HANDLES, ROTARY COLUMN, HYDRAULIC CYLINDER, WEDGE, ROTATOR, CLAMPS.

Study subject – technological process of uprooting stumps with their preliminary splitting by the device which is established on sleeves of the excavator.

Research objective – increasing the efficiency of uprooting large stumps by improving the technological process of uprooting.

Research methods – observation, comparison, modeling, analogies as a tool of a systematic approach allowed to analyze the low efficiency of logging and suggest ways to improve the technological process.

Based on the analysis of the construction of the wheeled excavator EO - 2621 B -2, the study developed a constructive scheme of the hinged device for uprooting large stumps with their preliminary splitting. Based on the analysis of methods for calculating the required effort for splitting wood, research selected a method to determine the required effort for splitting the stump. Further, the study determined the required effort to immerse the wedge in the stump. The design of this device was developed, in particular, geometrical parameters of the hydraulic cylinder were calculated. Moreover, the paper made calculations of separate units of adjustment for durability.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	
ЗМІСТ	
ВСТУП	
1	СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ПО КОРЧУВАННЮ ПНІВ 9
1.1	Коротка оцінка та визначення запасів пнево-кореневої деревини 9
1.2	Машини та устаткування для корчування пнів 14
.....	
1.2.1	Аналітичний огляд існуючих способів, машин та устаткування для корчування пнів..... 14
1.2.2	Запроектоване навісне устаткування для корчування пнів з попереднім їх розколюванням 19
.....	
2	РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС РОЗКОЛЮВАННЯ ШИЙКИ ПНЯ..... 20
2.1	Огляд теоретичних досліджень із розколювання деревини клинами..... 20
2.2	Прийняті мною твердження та допущення для визначення зусиль які виникають під час розколювання шийки пня клином.. 28
2.3	Розподіл зусиль які виникають під час занурення в деревину симетричного розколюючого клина 30
2.4	Визначення, експериментальним шляхом, потрібної сили для розщеплювання пня..... 33
2.4.1	Конструктивна схема експериментальної установки..... 33
2.4.2	Результати експериментальних досліджень..... 35
2.4.3	Розрахунок потрібного зусилля подачі клина на пень для його розколювання..... 36
3	РОЗРОБЛЯННЯ СХЕМИ ЗАПРОПОНОВАНОГО КОРЧУ- ВАЛЬНОГО УСТАТКОВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ..... 38
3.1	Аналітичний огляд існуючих машин та устаткування для корчування пнів..... 38
3.2	Схема запропонованого пристосіблення на базі колісного неповно поворотного екскаватора для корчування пнів з попереднім їх розколюванням..... 38
3.3	Опис будови та роботи конструкції запропонованого корчу- вального устаткування..... 42
3.3.1	Схема агрегування екскаватора із запроєктованим

установленням	42
3.3.2 Опис конструкції запроєктованого устаткування	44
3.4 Розрахунок привідного гідроциліндра розколюючого клина.....	44
3.4.1 Визначення потрібного діаметра поршня гідроциліндра.....	44
3.4.2 Розрахунок геометричних розмірів штока.....	47
3.5 Розрахунок шарнірного з'єднання штока гідроциліндра з вухами затискних лап.....	50
3.6 Визначення довговічності роботи гідроциліндрів маніпулятора екскаватора ЕО – 2621 В – 2 з корчувальним устаткуванням	54
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТКИ.....	58

ВСТУП

Одним із шляхів підвищення економічної ефективності лісопромислового комплексу є повне використання деревини, яке передбачає переробку всієї біомаси дерева.

Перспективним напрямком, який дозволяє частково вирішити проблему поповнення сировинної бази галузі є переробка пнів та коренів на технологічну тріску з подальшим її використанням для виробництва. На сьогоднішній день пнево — коренева деревина на території України практично не використовується, хоч об'єм її складає 15 – 25 % від загального об'єму дерева.

Причинами, які стримують використання пневої сировини, є недостатнє вивчення структури деревини її фізико – механічних властивостей і в основному, відсутність ефективних машин та обладнання для корчування пнів.

На сьогоднішній день, для корчування пнів використовують екскаватори, бульдозери або трактори оснащені вичісувачами та їм подібними пристосуваннями. Корчування пнів такими машинами вимагає великих енергетичних затрат та приводить до значних пошкоджень ґрунту в місцях корчування, що нівелює прибуток від застосування пневої деревини.

В даній роботі розроблено конструкцію корчувального пристосування яке агрегується з маніпулятором колісного екскаватора EO – 2621 В – 2. Запропоноване пристосування спочатку клином розколює пень на дві або більше частин після чого розколоті частини видаляють із землі спеціальним захопом який скріплений із маніпулятором екскаватора

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ПО КОРЧУВАННЮ ПНІВ

1.1. Коротка оцінка та визначення запасів пнево-кореневої деревини

Під час, існуючого об'єму, лісозаготівель в Україні утворюється близько 11 млн.м³ додаткових деревинних ресурсів, в тому числі 7,5 млн. м³ становлять лісосічні відходи це: кора - 2,9 млн. м³, гілки - 2,4 млн.м³, пні та корені - 2,2 млн. м³ [2]. Суттєвим і додатковим джерелом сировини є пнево-коренева деревина [6,7,8] , яка має значний інтерес з точки зору комплексного використання деревних ресурсів. Відомість об'ємних співвідношень стовбурної деревини та пнів і коренів приведено в таблиці 1.1.

Свіжі, стиглі пні, та і в цілому певно-коренева деревина могла б успішно використовуватись в різних виробництвах. В силу того, що певно-коренева деревина має велику смолистість вона дуже цінною сировиною для смолоскипідарного, каніфольно-екстрактного, піролізного, плитного виробництва. Але на сьогоднішній день вона не використовується.

Під час заготівлі свіжої певно-кореневої деревини в одному технологічному потоці разом із лісозаготівлями, окрім з одержанням значних об'ємів додаткової цінної деревинної маси, появляється можливість якісно вести підготовку ґрунту під лісокультури і тим самим прискорити вирощування лісів.

Під час планування об'єму заготівлі та потрібної кількості устаткування потрібно знати запаси пнево-кореневої деревини на лісосіці. У Львівському лісотехнічному інституті цьому питанню приділяли велике значення.

Зокрема професором Калініним М. І. [9,10, 11] розроблені таблиці, які показують співвідношення об'ємів кореневої та стовбурової

деревини. Такі дані дозволяють по матеріалах таксації надземної частини деревостанів визначати запаси фіто маси корневих систем.

Під пнем розуміється надземна частина стовбура, яка залишилась після зрізування дерева на лісосіці. Для підготовки об'ємів пневої деревини важливо знати діаметр та висоту пня. Згідно дослідження П. Хаккіла [3] між діаметром дерева на висоті 1,3 м і діаметром пня існує пряmolінійна залежність:

$$d_{1,3} = 0,75 d_{\text{п}}$$

Таблиця 1.1 - Об'єм пнів та коренів в певних деревостанах старшого віку (в % від об'єму наземної деревини)

Порода	Стовбур	Пні (без коренів)	Пні та корені
Сосна	65...77	9 - 12	18-25
Модрина	77...82	8 - 10	12-15
Ялина	60...75	10-12	25 - 30
Дуб	62...75	12-20	22-35
Береза	78...90	5 - 12	П - 16
Бук	55...70	10 - 14	20-25
Клен	65...75	8 - 10	15-20
Осика	70...82	8 - 12	20-22

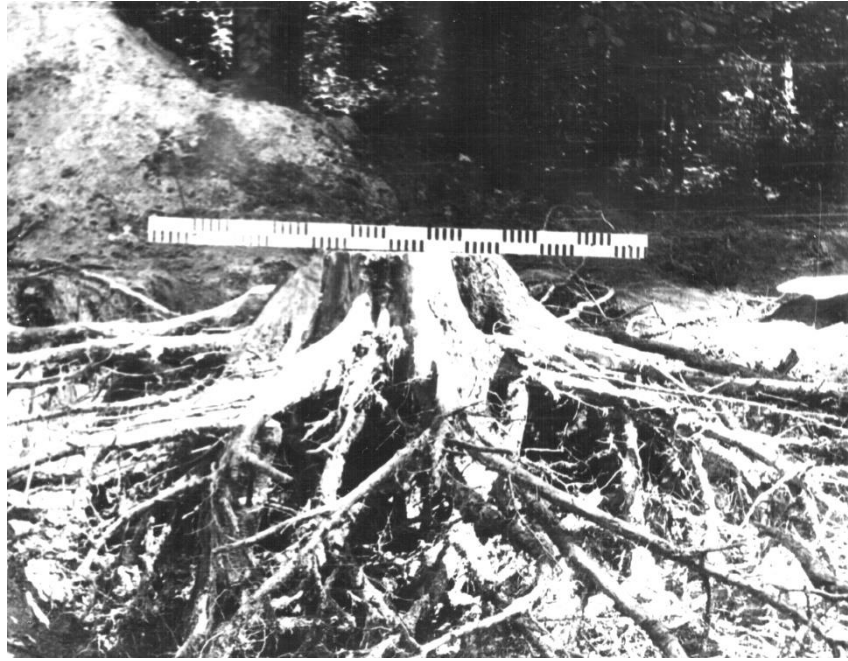
В середньому, діаметр пня в 1,32 рази більший від діаметру стовбура на висоті 1,3 м незалежно від породи.

Висотою пня вважають відстань від рівня землі до його торцевого зрізу пня. Під час зростання дерева шийка кореня закріплює кореневу систему і пень тим вище, чим більше дерево. Реальна висота пня залежить від: породи дерева; умов зростання; пори року проведення робіт; типу лісозаготівельної техніки, яка використовується. На дренажних лісових ґрунтах пні завжди вищі в силу значного розширення відземкової частини.

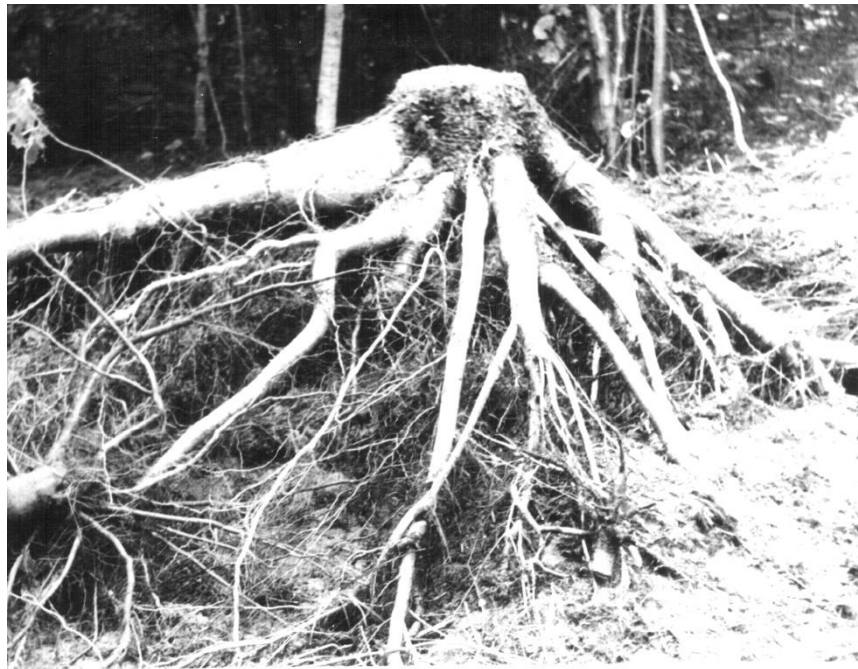
На рисинку 1.1 показано типовий вид пня і коріння сосни та модрина. Для певно - кореневої системи сосни характерним є великий стержневий корінь, який є продовженням стовбура в ґрунті. Він розвивається слабо, або взагалі не росте на заболочених торф'яних ґрунтах.

Важливим фактором під час корчування пнів є глибини залягання кореневої системи.

Встановлено, що глибина залягання кореневої системи залежить від діаметру пня. Якщо діаметр пня становить 0,28 м то середня глибина залягання складає 0,64 м. При збільшенні діаметру пня на 1 см глибина залягання зростає на 0,9 см.



а



б

а – сосни звичайної; б – модрини японської.

Рисунок 1.1 – Типовий вид певно-кореневої системи:

Пнева і коренева деревина хвойних дерев має різний відсотковий склад по об'єму. Об'ємне співвідношення певної та кореневої деревини приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Склад певно-кореневої деревини хвойних порід в масових частинах (%)

Вид матеріалу	Кедр	Сосна	Модрина	Ялина	Ялиця
Пень	35	30	40	45	38
Корінь	55	58	46	43	51
Кора	10	12	14	12	11

Визначення запасів пнево-кореневої деревини безпосередньо на лісосіці базується на дослідженні кореляційних зав'язків між діаметрами пнів, їх кількості на 1 га, запасами пнів на 1 га, технологічними втратами їх в процесі заготівлі, середніми об'ємами пнів по ступенях товщини [13]. Результати досліджень по визначенні об'ємів пнів та потрібної їх кількості для одержання 1 м³ деревини зведені в таблиці 1.3.

Після встановлення на облікових площах середнього діаметру згідно даних таблиці 1.3 визначають об'єм одного пня. Знаючи загальну кількість пнів на лісосіці визначають вихідний запас певної деревини. Вказаний метод таксації певно-кореневої деревини дає можливість з високою точністю визначати ресурси сировини.

Великий об'єм робіт з аналізу і використання запасів певної та кореневої деревини зроблений Фінляндськими вченими. Оpubліковано низку статей професора П. Хаккіла з питань комплексного використання деревини, які цікавлять не тільки фінських, але й українських спеціалістів [3,4]. Дослідження показали, що дерева сосни і ялини висотою від 15 до 45 м, які ростуть в ґрунті мінерального складу,

мають об'єм певної деревини біля 20 % від об'єму стовбура і близько 23 % від маси. На ділянках із торф'яним ґрунтом були отримані відповідно більш високі показники: сосна - 37 %, ялина - 42%. Визначено, що із ділянки, на якій заготовляється 300 м³ стовбурової деревини можна заготовити 60-75 м³ певної деревини. Якщо середній діаметр пня становить 26-40 см то на одному гектарі їх можна зібрати 400-800 шт.

Таблиця 1.3 - Дані для визначення об'ємів пнів і їх кількості для одержання 1 м³ деревини

Середній діаметр пнів, м	Об'єм пня м ³ ,	Кількість пнів для одержання 1 м ³ деревини	Середній діаметр пнів, см	Об'єм пня, м ³	Кількість пнів для одержання 1 м ³ деревини
0.18	0,04	25	36	0,123	8
0.20	0,046	23	38	0,137	7
0.22	0,053	19	40	0,151	7
0.26	0,06	17	44	0,181	6
0.28	0,078	13	46	0,198	5
0.30	0,088	11	48	0,215	5
0.32	0,099	10	50	0,224	4

За твердженням професора П. Хаккіла повне використання біомаси дерева дозволить не тільки збільшити вихід готової продукції але і покращити навколишнє середовище, створити сприятливі умови для відновлення.

За словами американського професора Т. Говарда [14], який займався питаннями комплексного використання деревини, з одного гектара можна заготовити 40-70 т органічної сировини у вигляді пнів та коренів. В статті Т. Говарда сказано, що пень та корінь, наприклад, сосни болотної вміщає в собі до 25-30% волокон стовбура, які можна використовувати, як сировину для плитного та інших виробництв.

Як бачимо із вище сказаного, оцінка запасів додаткової сировини на лісосіці має важливе практичне значення.

Підрахувати реальні ресурси певної і кореневої деревини можливо тільки приблизно. Згідно галузевої методики визначення об'ємів другорядних матеріальних ресурсів в лісовій і деревообробній промисловості, [15] пні скидаються - 2-5 % від об'єму заготовлюваної деревини, корені 11-15 % від об'єму стовбура дерева.

1.2 Машини та устаткування для корчування пнів

1.2.1 Аналітичний огляд існуючих способів, машин та устаткування для корчування пнів

Питанню корчування пнів завжди приділяли і приділяють значну увагу науковці та працівники лісової галузі. Тут доречно згадати таких українських вчених, як М. М. Гузь, І. М. Зима, Т. Т. Малюгін, М. У. Скальський та інші.

На сьогоднішній день питанню зменшення енерго та труд затрат і особливо питанню збереження навколишнього середовища під час корчування пнів на дається велике значення. На сьогоднішній день, для корчування пнів застосовується ряд способів, а саме: вичісування, вертикальне видалення, корчування викручуванням, вирізання пнів,

вертикальне корчування із застосуванням вібраторів та віброударних пристосувань.

Вичісування пнів із землі зубами які закріплені на відвалі, є основним, на сьогоднішній день, способом корчування. Схема такого устаткування приведена на рисунку 1.2.

Для корчування пнів трактор опускає відвал 3 на рівень землі в результаті чого зуби 2 занурюються в ґрунт на певну глибину. Під час переміщення трактора вперед зуби 2 вичіскують пні із ґрунту. Цей спосіб є найбільш продуктивний, а технічні засоби, що використовуються при цьому, відрізняються простотою конструкції.

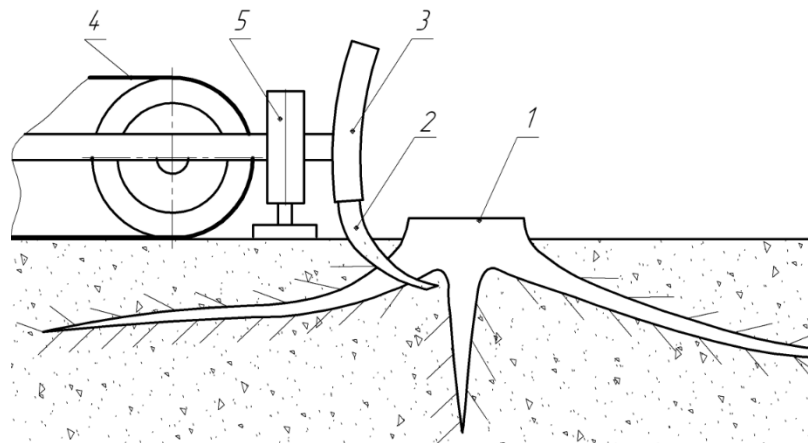


Рисунок 1.2 – Схема устаткування корчувача - вичісвача пнів.

За таким принципом працюють лісогосподарські машини [1] КМ 1А, МРП – 2А, МП – 7А.

До суттєвих недоліків таких корчувальних машин потрібно віднести невелике штовхаюче зусилля, яке може розвинути трактор яке потрібне для видалення крупномірних пнів за один прийом. Наприклад під час корчування пнів діаметром 0,3 – 0,5 м потрібно створити штовхаюче зусилля в межах 100 – 250 кН, в результаті чого пні діаметром до 30 см корчують за один або два

прийоми з попереднім обрізанням зубами бокових коренів з однієї сторони, а пні діаметром до 40 см корчують за декілька прийомів з попереднім обрізанням бокових коренів з двох або трьох сторін. Під час корчування пнів діаметром більше 40 см потрібно не тільки попередньо обрізати бокові корені, а й підкопати його зубами знизу і розхитуючи пень або використовуючи вертикальну підйомну силу відвалу та гідродомкратів 5 (рис.1.2) видалити його з ґрунту.

Тому під час корчування таким способом спостерігається значне руйнування поверхневого ґрунтового покриву, перемішування його горизонтів, збіднення гумусного шару. Під час корчування і згрібання пнів в купи з кожного гектара виноситься від 1,0 до 1,5 тис. м³ ґрунту.

Під час вертикального видалення, пень з корінням витягують з ґрунту прикладеним до нього статичним вертикальним зусиллям. Цей спосіб застосовується під час корчування одиноких, товстомірних пнів, найчастіше під час заготівлі певної деревини та осмолу.

Схема корчувального устаткування для вертикального видалення пнів приведена на рисунку 1.3.

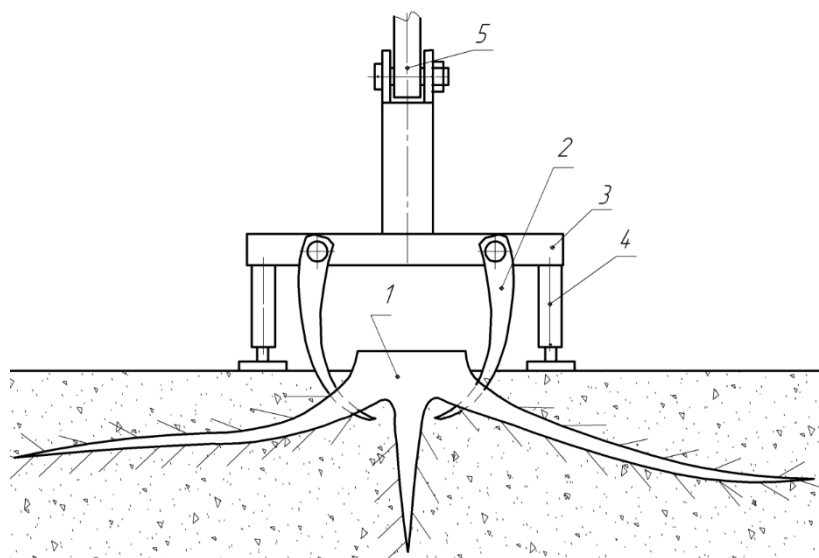


Рисунок 1.3 – Схема корчувального устаткування для вертикального видалення пнів.

Під час корчування пнів таким способом, тракторист маніпулятором 5 наводить захоп 3 на пень і лапами 2 захоплює шийку пня. Маніпулятором 5 і гідродомкратами 4, створюють вертикальне зусилля, в результаті цього машина викорчує пень із землі. В цьому випадку пень викорчується з великим комом землі. Для часткового обтрушування пнів та коренів від ґрунту, деякі конструкції корчувачів оснащені вібраторами.

До машин які працюють за цим принципом відносяться АКП – 1А, КПТМ – 1С

До недоліків цього способу, слід віднести потрібність прикладання великих вертикальних статичних зусиль, яке становить, в межах 200 кН і більше, в результаті чого корчувальні машини є металоємними і енергозатратними. Під час корчування пнів таким способом відбувається пошкодження поверхневого шару ґрунту та створення на лісосіці місячного рельєфу.

Під час корчування пнів викручуванням, пень повертають в ґрунті під дією крутного моменту. Спочатку проходить руйнування зв'язку коренів із ґрунтом, після чого під дією вертикального зусилля маніпулятора пень видаляють із землі. Такий спосіб застосовують для видалення пнів із слабкими або заздалегідь перерізними бічними коренями.

До суттєвих недоліків цього способу слід віднести великі затрати енергії на створення крутних моментів для прокручування пнів в землі. Даний спосіб не може застосовуватися під час корчування пнів із неперерізними бічними коренями. Під час видалення пнів спостерігається значне руйнування ґрунту в зоні наявності кореневої системи.

Під час вирізання пнів, бокові корені перерізаються спеціальним різальним органом, після чого обрізаний пень, маніпулятором з відповідним захопом витягується із землі. Схема устаткування для вирізання пнів приведена на рисунку 1.4.

Під час корчування пнів таким способом маніпулятором 5 наводять різальне пристосування 2, у формі пустотілого циліндра, на шийку пня 1.

Гідродвигун 4 надає циліндру 2 обертовий рух, опускаючи маніпулятор вниз, зуби 3, які розміщені в нижній частині циліндра перерізають бокові корені пня. Після перерізання, маніпулятором 5 із спеціальним захопом витягують із землі вирізану частину пня.

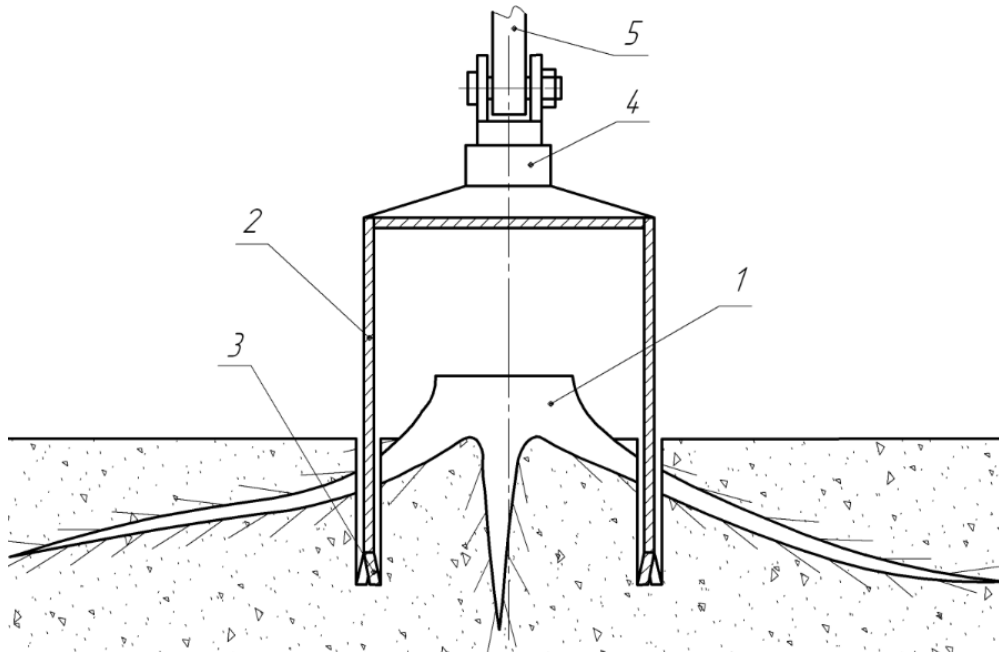


Рисунок 1.4 – Схема пристосування для вирізання пнів.

Одним із суттєвих недоліків цього способу є інтенсивне зношування різальних зубів і неможливість роботи на кам'янистих ґрунтах. Також затрудненим є видалення вирізаної частини пня з ґрунту коли присутні потужні центральні корені. На місці видаленого пня утворюється яма значних розмірів.

Під час вертикального видалення пнів із застосуванням вібраторів та віброударних пристосувань, пень з корінням витягується вгору з ґрунту прикладеним зусиллям маніпулятора та вертикальними ударними імпульсними навантаженнями від вібратора.

Схема пристосування для видалення пнів із застосуванням віброударних пристосувань приведена на рисунку 1.5.

Під час корчування пнів таким способом маніпулятором 4 наводять захоп 3 на пень 1 і лапами 2 захоплюють шийку пня. Маніпулятором 4 створюють вертикальне зусилля в межах 100 кН, після чого вмикають вібратор 5, який створює потужні віброударні імпульси, які направлені вертикально вгору. Завдяки статичним навантаженням від маніпулятора та динамічним зусиллям від вібратора пень видаляють із землі. Під час корчування пнів таким способом, пень з коренями витягується із землі, чистим, практично без залишків ґрунту.

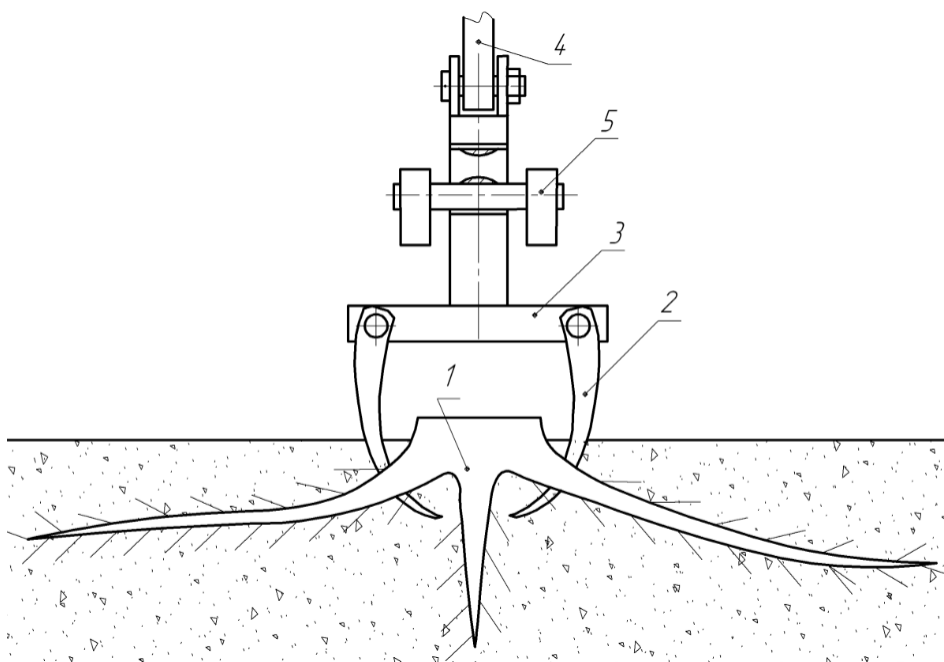


Рисунок 1.5 – Схема віброударного корчувального пристосування.

До суттєвих недоліків цього способу слід віднести необхідність створення вертикального зусилля, величиною не менше 100 кН, яке може створити потужний маніпулятор, яким оснащені потужні екскаватори. Вібротолоти часто виходять з ладу і розбивають шарнірні з'єднання в маніпуляторі, а це приводить до різкого зменшення довговічності устаткування в цілому.

1.2.2 Запроектване нависне устатковання для корчування пнів з попереднім їх розколюванням

Зробивши аналітичний аналіз приведених вище способів корчування пнів, я прийшов до висновку, що всі вони є надзвичайно трудо- і енерго-місткими та еколого шкідливими, а корчувальні машини та устатковання мають суттєві недоліки як в конструктивному так і технологічному плані. В цій роботі, мною запропоновано устатковання для корчування пнів із попереднім їх розколюванням.

Під час корчування пнів із попереднім їх розколюванням, пень спеціальним клином розколюють на дві або більше частин після чого розколоті частини видаляють із землі маніпулятором із спеціальним захопом.

Конструктивна схема та схема поетапної роботи запроєктованого корчувального устатковання приведена на рисунках 3.1...3.5 цієї роботи.

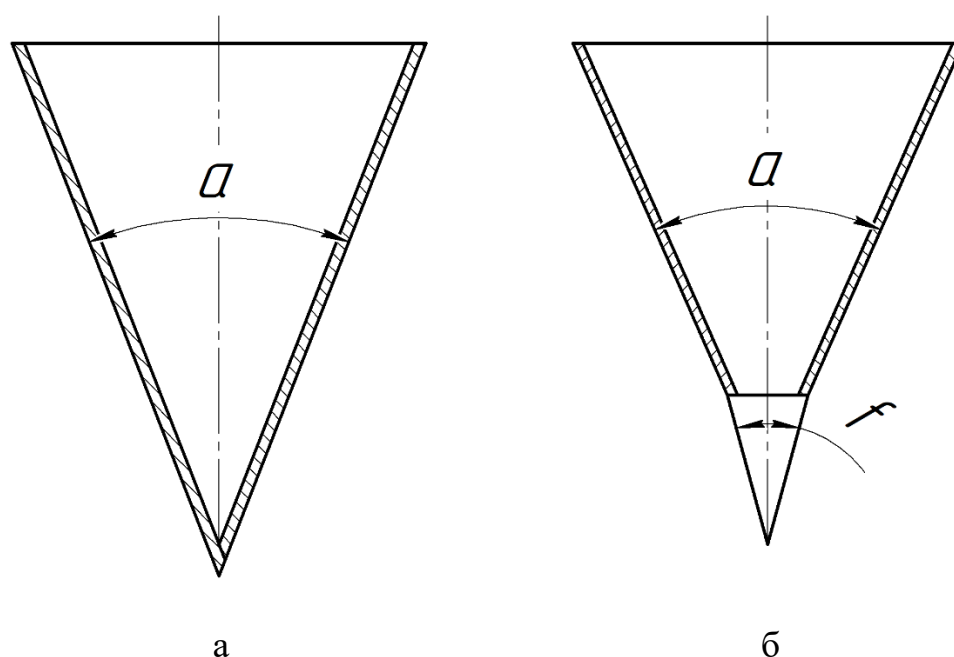
Застосування даного устатковання дозволить: значно зменшити зусилля видалення пнів із землі; корчувати товстомірні пні машинами порівняно малої потужності; видаляти корені із землі чистими, що суттєво зменшить перемішування поверхневих шарів ґрунту.

2 РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС РОЗКОЛЮВАННЯ ШИЙКИ ПНЯ

2.1 Огляд теоретичних досліджень із розколювання деревини клинами

З давніх давен розколювання використовували для ділення деревини вздовж волокон. Фізичний процес розколювання ґрунтується на властивості деревини легко розщеплюватися вздовж волокон, так як опір розриву деревини в поперек волокон в декілька разів менший опору розриву вздовж них.

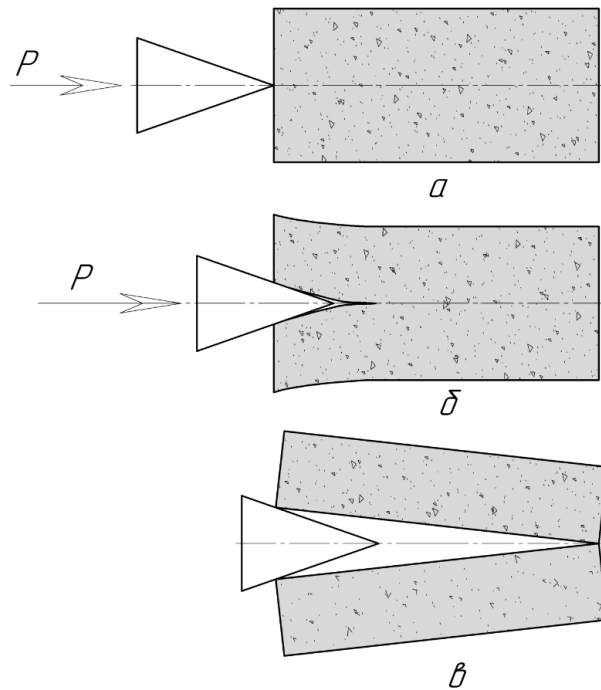
Розколюють деревину сталевими клинами. Схема простих вертикальних клинів приведена на рисунку 2.1.



а – клин простий з одним кутом загострення a ; б – клин простий із кутом
клина a кутом загострення леза f .

Рисунок 2.1 - Схема простих вертикальних клинів:

Сам процес розколювання є складним і складається із декількох етапів, які можна описати різними фізичними процесами. Схема поетапного процесу розколювання деревини приведено на рисунку 2.2.



а – момент входження леза клина в деревину; б – момент виникнення випереджаючої тріщини; в – кряж після розколювання.

Рисунок 2.2 – Поетапна схема розколювання кряжа вздовж волокон клином.

На першому етапі лезо клина занурюється в тіло кряжа, що супроводжується зминанням волокон деревини в результаті чого, виникає максимальна сила опору переміщенню клина. На другому етапі, коли клин занурився в деревину на деяку відстань (15...20 см), спереду леза виникає випереджаюча тріщина. Тоді зникає зусилля яке потрібне на зминання волокон спереду леза і виникає зусилля тертя волокон деревини по щоках

клина яке спричинене відгинанням волокон деревини під час переміщення кряжа на клин. Графік залежності потрібної сили для переміщення клина під час розколювання від глибини занурення клина в деревину приведено на рисунку 2.3.

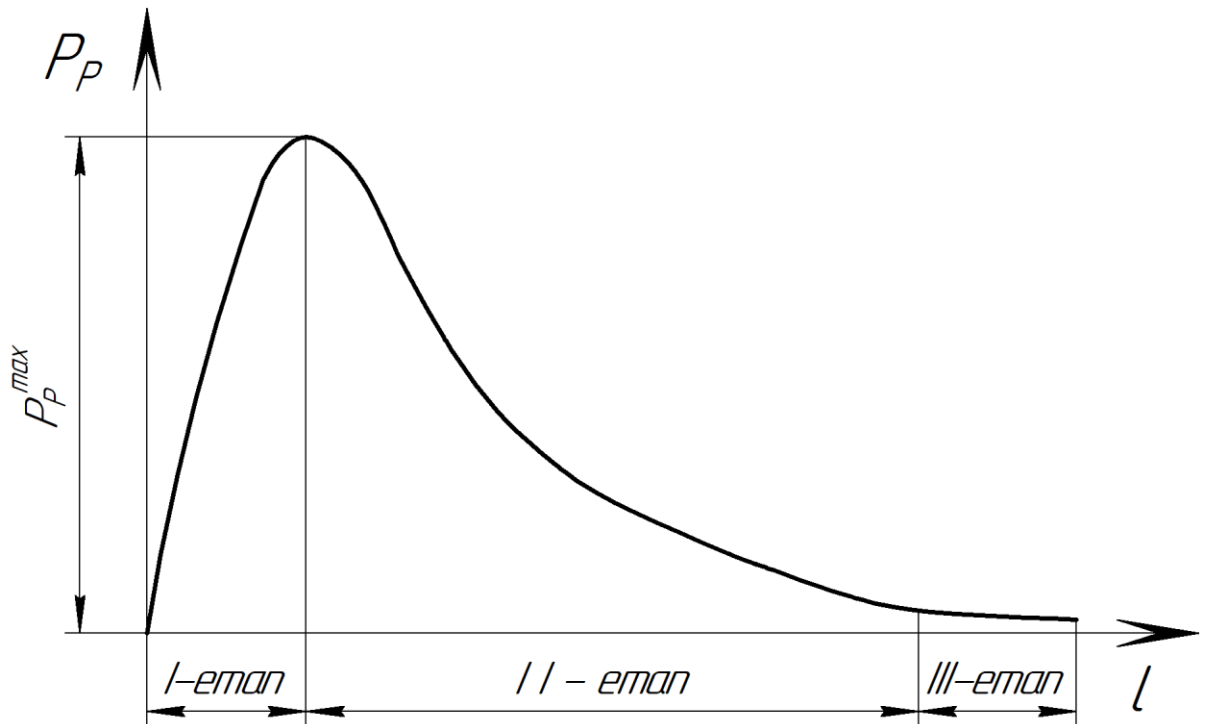


Рисунок 2.3 - Графік залежності потрібної сили для переміщення клина під час розколювання від глибини занурення клина в деревину

Дослідженням процесу розколювання деревини займалися багато вчених.

В результаті досліджень були отримані експериментальні залежності зусилля опору розколювання як функції від часу та глибини занурення клина в деревину ($P = f(t)$, $P = f(L)$).

Вказані залежності можна описати емпіричними формулами:

$$P_{max} = 9680 - 1152d + 49.4d^2 - 0.6d^3; \quad (1)$$

$$P = 1420 - 5660L - 2040L^2 \quad (2)$$

де P_{max} - максимальне зусилля розколювання; d, L – відповідно діаметр і довжина кряжа.

В проф. Т. М. Шкіря, доц. В. В. Гомонай, О. Й. Сопотун провели дослідження, в результаті яких отримали залежності зусилля розколювання від кута загострення клина, коефіцієнта тертя, геометричних розмірів взірця, ширини опори, породи, вологості. Дані дослідження мали переважно експериментальний характер.

До слідження показали, що в процесі занурення клина в деревину на нього діють сили: N – нормальний тиск з боку деревини на щоби клина; F – сила тертя щік клина по деревині; P_L – зусилля з боку деревини на лезо клина.

Схему дії сил під час занурення клина в деревину приведено на рисунку 2.4.

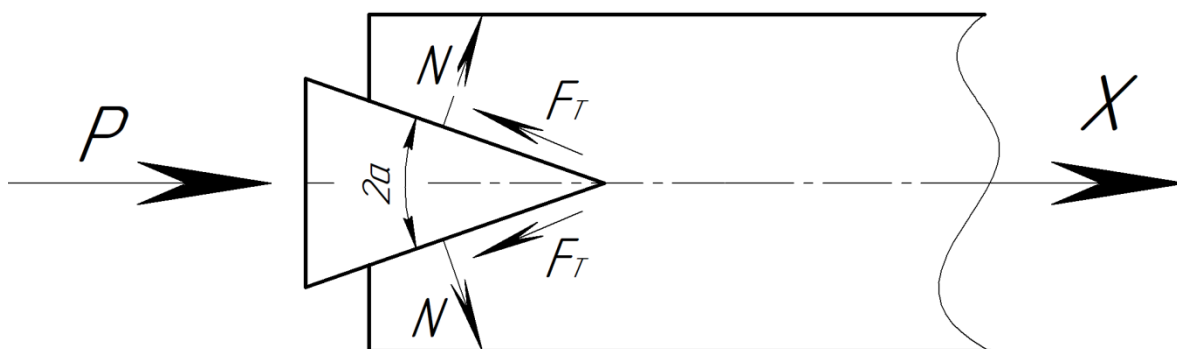


Рисунок 2.4 - Схема дії сил під час занурення клина в деревину.

Максимальну силу, яка виникає під час розколювання деревини визначають за формулою

$$P_{max} = 2k \cdot p \cdot L \cdot \varphi_0 \cdot k_\alpha \cdot k_\Pi \cdot k_B \cdot k_\Phi \quad (3)$$

де k – коефіцієнт клина, який залежить від кута загострення та тертя деревини по сталі; p – питомий опір розколюванню; φ_0 – коефіцієнт, що враховує вплив опори і залежить від її ширини; $k_\alpha, k_\Pi, k_B, k_\Phi$ – коефіцієнти, що враховують відповідно кут загострення клина, породу, вологість деревини і форму поперечного січення кряжа.

Питомий опір розколюванню p залежить від породи деревини, а також відношення діаметра кряжа до його довжини.

Із збільшенням відношення $\frac{d}{L}$ питомий опір розколюванню збільшується.

Багато вчених йшли по шляху розкриття фізичної сутності процесу, тобто вивчення деформованого стану і законів розподілення напружень та їх взаємозв'язку із зовнішніми умовами під час розколювання. В результаті досліджень було встановлено характер деформацій і руйнувань деревини на щоках клина та запропоновано залежність

$$P = \frac{2 \cdot \rho \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \rho\right) \cdot B \cdot \sigma}{\cos\rho \cdot \cos\alpha} \quad (4)$$

де P – середній питомий тиск на поверхні контакту клина з деревиною; α – кут загострення клина; ρ – кут тертя клина по деревині; δ – глибина заглиблення клина; B – ширина взірця.

Було встановлено, що в початковий момент контакту клина з деревиною, клин зминає волокна деревини, тобто проходить руйнування стінок клітин. В початковий момент розколювання питомий тиск на поверхні дотику передньої грані з матеріалом прирівнюється тимчасовому опору деревини на зминання.

Під час досліджень було встановлено, що розподіл деформацій розтягу – стиску поперек волокон по лінії руйнування вздовж взірця і описується рівнянням:

$$\sigma_x = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot x} \cdot \sin(k \cdot x - \alpha) \quad (5)$$

де a, β, k, α - коефіцієнти, що характеризують амплітуду, період, дискримінант затухання коливань.

Напруження в площині, перпендикулярній до осі бруса, визначають рівнянням

$$\sigma_y = \sigma_{y_0} \cdot \left(1 + A \frac{Y^2}{a^2} + B \frac{Y^3}{a^3}\right) \quad (6)$$

де σ_{y_0} – напруження в площині розколювання; Y – відстань від площини розколювання до площини, в якій вимірюються напруження; A, B – постійні коефіцієнти.

Зусилля, яке потрібне для розщеплення бруса прикладене до частини бруса, яка відколюється, в напрямі перпендикулярному його осі визначають з рівняння:

$$N_p = \frac{\sigma_{y_{00}} \cdot E_x \cdot b \cdot a^2 \cdot (7.5 \cdot \frac{E_y}{E_x}) \cdot \frac{3}{4}}{15 \cdot E_y \cdot (a \cdot l \cdot (7.5 \cdot \frac{E_y}{E_x}) \frac{1}{4})} \quad (7)$$

де $\sigma_{y_{00}}$ – границя міцності деревини на розрив поперек волокон; E_x – модуль пружності на стиск деревини поперек волокон; a – товщина частини деревини, що відколюється; b – ширина взірця; l – відстань від точки прикладення зусилля до точки руйнування деревини.

Експериментальними дослідженнями були визначені величини деформацій, умови розповсюдження випереджуючої тріщини і виявлено вплив на процес розколювання, багатьох інших факторів. Для визначення максимальних зусиль під час розколювання була запропонована формула

$$P_{max} = P_0 + \delta \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \delta_{b_{CT}} \cdot b \left[\sin \frac{\alpha}{2} + f \cdot \cos \alpha \right] \quad (8)$$

де δ – глибина занурення клина в деревину; k_1, k_2 – коефіцієнти, що залежать відповідно від фізико-механічних властивостей деревини і форми поперечного січення кряжа; $\delta_{b_{CT}}$ – границя міцності деревини під час стискання поперек волокон; P_0 – зусилля на лезі клина.

У Львівському лісотехнічному інституті проф. М. В. Плаксіним проводились дослідження з розколювання клином невеликих відрізків деревини. Метою досліджень було визначення максимального зусилля, необхідного для розколювання коротких відрізків деревини на чурку для газогенераторів.

М. В. Плаксін прийшов до висновку, що в площині розколювання, напруження змінюється за законом квадратної параболи, а максимальне зусилля може бути визначено за формулою:

$$P = \frac{C \cdot b \cdot L \cdot R_z}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}_{\max}} \quad (9)$$

де C – коефіцієнт пропорційності; b, L – відповідно ширина і довжина взірця; R_z – границя міцності деревини поперек волокон; f – коефіцієнт тертя між клином і деревиною; α – половина кута загострення клина.

Проводились дослідження процесу ділення деревини вздовж волокон в тангентальній площині. В результаті, отримана формула яка характеризує закономірність зміни границі міцності деревини на розрив поперек волокон під час ділення її в тангентальній площині:

$$\sigma_X = \frac{\sigma_R \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{X^2 + r^2}}{\sqrt{\sigma_R^2 \cdot r^2 + \sigma_t^2 \cdot X^2}} \quad (10)$$

де σ_R – границя міцності деревини на розрив в радіальній площині; σ_t – границя міцності на розрив деревини в тангентальній площині; r – відстань

від центра вірця до площини ділення; X – відстань до нейтрального волокна.

Найбільш прийнятними для розрахунку зусиль, які виникають під час розколювання деревини є роботи проф. Т. М. Шкірі, доц. О. Й. Сопотуна, В. В. Гомоная, які працювали у Львівському лісотехнічному інституті.

Вказаними авторами були визначені тензори напружень по полю напруженої області і зусилля протягом всього процесу розколювання, які були встановлені на основі принципів теорії пружності. На основі цих напрацювань, ними була отримана формула для визначення максимального зусилля розколювання, яка записана у формі

$$P_{max} = \delta_{\Pi} \cdot b \cdot c \cdot (2\mu + 1) \cdot k_i \quad (11)$$

де δ_{Π} – опір деревини розщеплення в поперек волокон; b – ширина вірця; c – четверта частина ширини вірця; μ – коефіцієнт тертя між деревиною і клином; k_i – коефіцієнт інтенсивності процесу розколювання.

$$k_i = \frac{\rho_3}{(\rho_1 + \rho_2)^2 * \eta^2 \rho} \quad (12)$$

В працях В. В. Гомоная розглядається процес розколювання деревини клинами з активно розсувними гранями. Визначені компоненти напруження по полю напруженої області. Ним отримана формула, яка давала можливість визначати зусилля під час розколювання деревини із застосуванням активного розщеплення. Формула описує взаємозв'язок між зусиллями,

геометричними розмірами деревини і фізико-механічними властивостями деревини. Обґрунтовано взаємозв'язок між моментом виникнення випереджаючої тріщини і зусиллям розщеплення.

Роботи І. Р. Каратника присвячені процесу розколювання деревини, ураженої гнилизною.

В роботах В. В. Кия розглядаються питання розколювання деревини довжиною до 6,5м.

2.2 Прийняті мною твердження та допущення для визначення зусиль які виникають під час розколювання шийки пня клином

Для спрощення розрахунків з визначення зусиль, які виникають під час розколювання шийки пня клином я приймаю ряд тверджень, які описані нижче.

Клин, під час початкового входження в пень (рисунок 2.1) рухається вздовж волокон і зминає волокна деревини своїми щоками, а частинки деревини, за рахунок поперечного стиснення, зміщаються перпендикулярно до напрму руху клина. По мірі збільшення глибини занурення клина в шийку пня пропорційно зростає площа, через яку передається зусилля від клина в деревину, а також проходить подальше стискання волокон в зонах, які безпосередньо контактують із щоками клина, а це викликає пружну деформацію деревини. Накопичена пружна деформація це потенціальна енергія наявність якої в деформованих частинах шийки пня приводить в кінцевому результаті до порушення фізичних зв'язків між волокнами в найбільш напружених місцях, що сприяє появі тріщини, паралельно волокнам.

Зусилля розколювання зростає прямопропорційно глибині занурення клина по закону прямої лінії до моменту появи мікротріщини. Після появи

мікротріщини зусилля розколювання зростає повільніше, ніж глибина занурення клина. На основі досліджень, проведених вченими на кряжах вирізаних із стовбурної деревини, можна стверджувати, що по мірі занурення клина зміна зусилля розколювання залежить від геометричних параметрів клина, а саме його кута загострення і довжини леза.

Для певної породи деревини і розмірів клина характер зміни зусилля залишається сталим і не залежить від розмірів шийки пня, який розколюється. Це можна пояснити тим, що в початковий момент входження клина в деревину, напруги стиснення виникають в невеликій області і тільки після появи мікротріщини вони поширюються на все поперечне січення деревини, біля поверхні клина, а також на деякій відстані по довжині кряжа. Після появи мікротріщини, подальше входження клина проходить не за рахунок поперечного стиснення волокон, а за рахунок пружної деформації згину частин, які відколюються. Деформація в деревині призводить до накопичення потенціальної енергії від сили пружності, що приводить до появи випереджуючої тріщини.

В загальному можна сказати, що розколювання – це результат пружної деформації частин пня, які відколюються.

Зменшення зусилля розколювання, після появи випереджуючої тріщини, проходить по кривій, яка близька до гіперболи. Швидке зменшення зусилля розколювання, після появи випереджуючої тріщини, пояснюється збільшенням плеча розщеплюючого зусилля від клина.

Порушення вказаної закономірності може бути під час розколювання деревини, яка має вади.

Прийнявши до уваги вище сказане, приймемо наступні допущення:

1 Досліджуємо симетричне центральне розколювання, тобто коли вісь симетрії клина співпадає з геометричною віссю шийки пня, який розколюється.

2 Руйнування деревини, в площині розщеплення, проходить в результаті розриву зав'язків між волокнами деревини.

3 Лезо клина є абсолютно гострим.

2.3 Розподіл зусиль які виникають під час занурення в деревину симетричного розколюючого клина

Під час розколювання деревини симетричним клином, вздовж волокон, робочий орган (клин) занурюється в деревину під дією прикладеної до нього сили P . З боку деревини на щоки клина діють сили нормального тиску N і сили тертя F_T . Схема дії зусиль на симетричний клин приведена на рисунку 2.5.

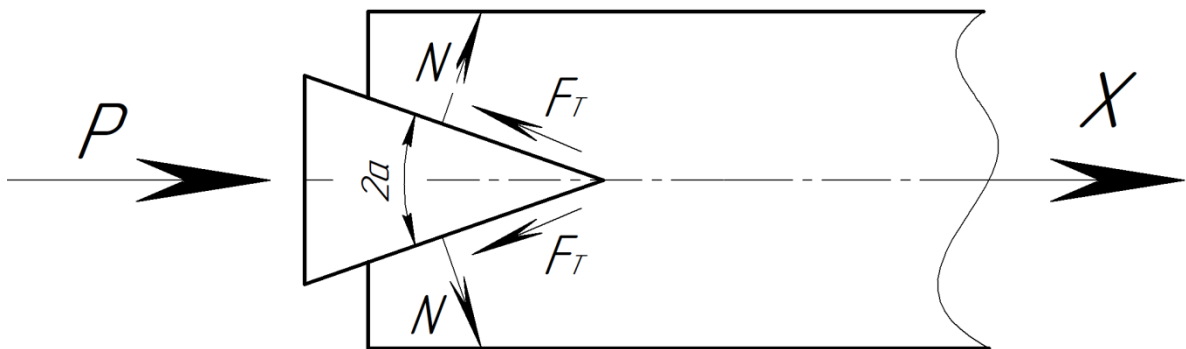


Рисунок 2.5 – Схема дії зусиль на симетричний клин під час занурення його в деревину.

Як видно із схеми приведеної на рисунку 2.5 зусилля тертя F_T можна визначити за формулою:

$$F = f \cdot N \quad (13)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання деревини по металу.

На щоках клина спостерігається пластична деформація деревних волокон, а напруження досягають граничного значення. По мірі занурення клина, його щоки передають на контактуючі із ним ділянки деревини зусилля, яке збільшує зону руйнування.

Якщо вважати, що механічна система яка приведена на рисунку 2.5 є замкнутою то силами, які діють на клин існує пряма залежність. Спроектвавши сили на вісь X то можна записати

$$2 * F \cos \alpha + 2 * N \sin \alpha - P = 0 \quad (14)$$

Врахуванням формулу (13) запишемо, що

$$P = 2 \cdot N \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \quad (15)$$

Визначимо сили, які діють на деревину під час розколювання в момент встановленого руху клина і замінимо їх еквівалентними силами X і Y , які діють по осі X , яка направлена в сторону руху клина і по осі Y , яка направлена перпендикулярно до напрямку руху клина.

Схема дії сил по осях X і Y приведена на рисунку 2.6.

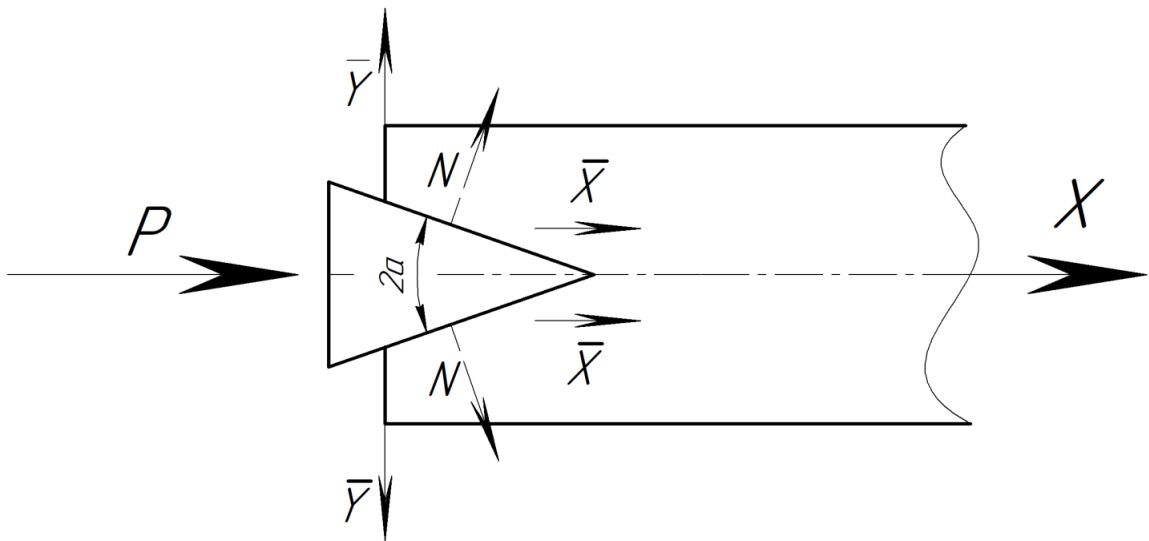


Рисунок 2.6 - Схема дії сил по осях X і Y під час розколювання деревини.

Як видно із рисунка 2.6 зусилля X та Y можна знайти за формулами:

$$Y = N \cdot \cos \alpha - F \cdot \sin \alpha \quad (16)$$

$$X = N \cdot \sin \alpha + F \cdot \cos \alpha \quad (17)$$

Із врахуванням рівняння 13 рівняння 16 і 17 приймуть вигляд

$$Y = N \cdot (\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha) \quad (18)$$

$$X = N \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) \quad (19)$$

Виключивши силу N із рівнянь (18) і (19) отримаємо

$$P = 2 \cdot \frac{\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha} \cdot Y$$

Зробивши прості математичні перетворення отримаємо

$$P = 2 \cdot \frac{f + tq\alpha}{1 - f \cdot tq\alpha} \cdot Y$$

Отриману залежність можна записати у вигляді

$$P = 2 \cdot \mu \cdot Y \tag{20}$$

де μ - коефіцієнт, який залежить від кута загострення клина і коефіцієнта тертя між щоками клина і деревиною.

$$\mu = \frac{f + tq\alpha}{1 - f \cdot tq\alpha} \tag{21}$$

Для нашого випадку представляє інтерес співвідношення, яке покаже взаємозв'язок між силою розщеплення і силою подачі клина. З метою отримання безрозмірних величин запишемо

$$\frac{P}{Y} = 2 \cdot \frac{f + tq\alpha}{1 - f \cdot tq\alpha}$$

Дані розрахунку величини $\frac{P}{Y}$ зведемо в таблицю 2.1, припускаючи, що коефіцієнт тертя міняється в межах $f = 0,25 \dots 0,5$.

Таблиця 2.1 – Значення $\frac{P}{Y}$ в залежності від кута α для різних значень коефіцієнта тертя

Град	5	10	15	20	25	30	35	f
$\frac{P}{Y}$	0,690	0,892	1,110	1,351	1,622	1,934	2,304	0,25
$\frac{P}{Y}$	1,010	1,240	1,496	1,788	2,130	2,542	3,056	0,4
$\frac{P}{Y}$	1,229	1,483	1,774	2,112	2,520	3,029	3,694	0,5

2.4 Визначення, експериментальним шляхом, потрібної сили для розщеплювання пня

2.4.1 Конструктивна схема експериментальної установки

На кафедрі ЛПВ ЛД НЛТІ, магістром Гобелою О. В. під керівництвом доцента кафедри Кия В. В. були проведені експерименти з визначення потрібного зусилля для розщеплення шийки пнів.

Для проведення експериментальних досліджень, на кафедрі, була виготовлена установка для розколювання пнів методом розщеплення. Схема установки приведена на рисунку 2.7.

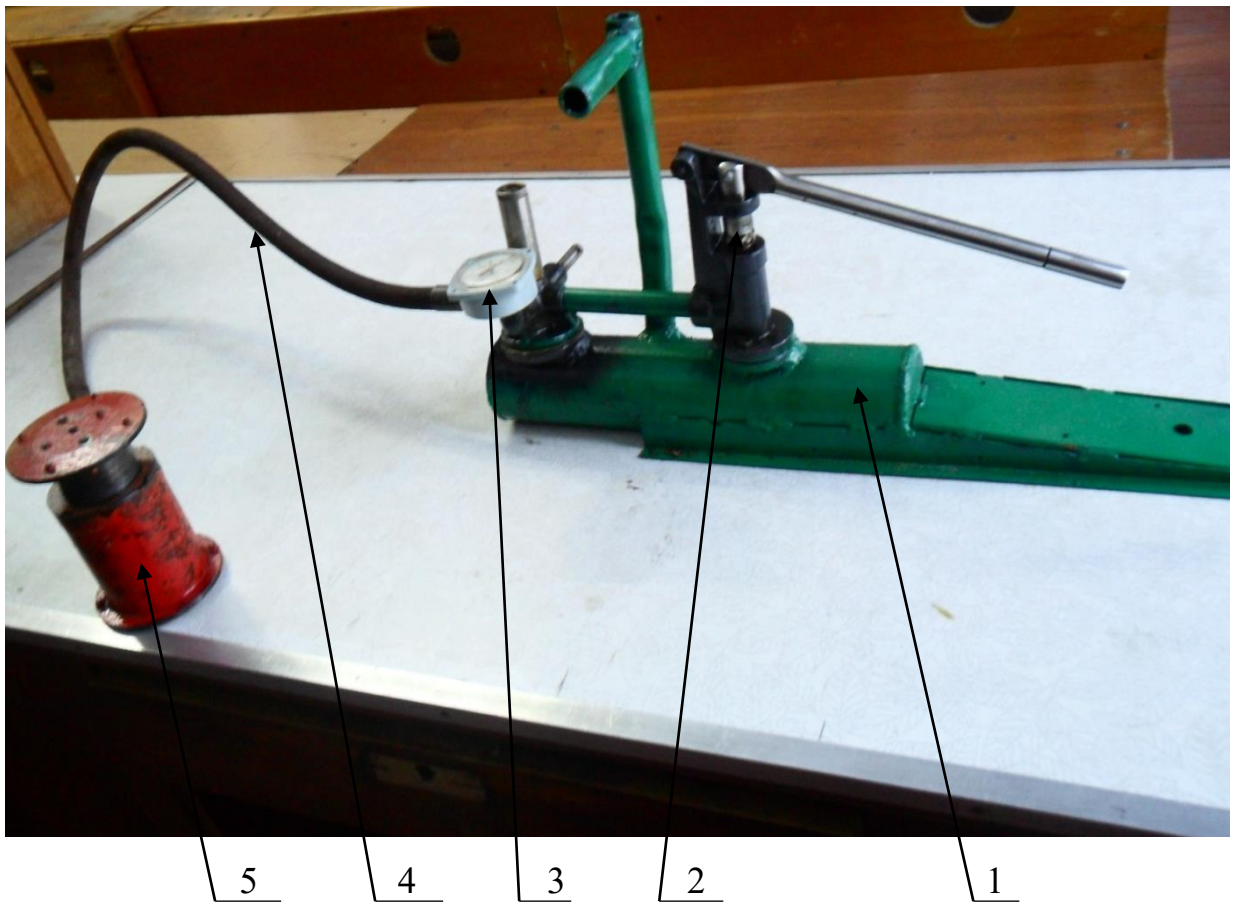


Рисунок 2.7 – Схема дослідної установки:

Дослідна установка складається з гідробачка 1, ручного насоса плунжерного типу 2, манометра 3, з'єднувального шлангу 4, гідроциліндра з опорами 5.

Робота установки проходить наступним чином. Гідроциліндр 5 вставляємо у випиляну нішу в пні, ручним плунжерним насосом 2 закачують в нього гідравлічну рідину. Під дією гідро рідини, шток гідроциліндра 5 виходить з нього, в результаті чого відбувається розщеплення шийки пня. Зусилля розщеплення пня визначаємо по показах манометра 3.

На рисунку 2.8 показано фрагмент коли гідроциліндр вмонтований у шийку пня.



Рисунок 2.8 – Експериментальна установка вмонтована в пень.

Для перевірки достовірності отриманих теоретичним шляхом залежності з визначення максимального зусилля розколювання пнів було проведено серію дослідів. Дослідженню проводились на свіжозрубаних дубових пнях певних діаметрів.

2.4.2 Результати експериментальних досліджень

Результати досліджень залежності максимального зусилля розщеплення від діаметра шийки пня приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Результати досліджень залежності максимального зусилля розщеплення від діаметра шийки пня

№	d, см	P _Г , атм	P _{max} , кН
1	31.5	175	53.6
2	32.0	180	57.4
3	32.5	186	56.4
Середнє значення	32.0	180	55.82
1	40.0	210	69,15
2	40.5	220	72,94
3	39.5	230	75,29
Середнє значення	40.0	220	72.46
1	47.5	249	79,69
2	49.0	255	84,41
3	48.0	250	82,32
Середнє значення	48.16	24,9	82.14
1	55.0	260	85,61
2	57.0	270	88,91
3	56.0	280	92,78
Середнє значення	56.0	29,5	89,1

2.4.3 Розрахунок потрібного зусилля подачі клина на пень для його розколювання

Для розрахунків приймаємо, що розколюючий клин має кут загострення $\alpha = 26^0$, а коефіцієнт тертя деревини по щоках клина становить $f = 0,5$. Дослідження проводимо на дубових свіжих пнях діаметром $d = 60$ см.

Згідно інформації, яка приведена в таблиці 2.1 для співвідношення сили подачі клина до розщеплюючої сили приймаємо, що становить $\frac{P}{Y} = 3,694$.

Згідно даних таблиці 2.2 для розщеплення дубового свіжого пня діаметром 60 сантиметрів потрібне зусилля 90 кН.

Враховуючи вище сказане можна записати

$$P = 3,694 \cdot Y = 3,694 \cdot 90,0 = 332,46 \text{ кН}$$

3 РОЗРОБЛЯННЯ СХЕМИ ЗАПРОПОНОВАНОГО КОРЧУВАЛЬНОГО УСТАТКОВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 Аналітичний огляд існуючих машин та устаткування для корчування пнів

Одною із основних перешкод для роботи машин і устаткування під час проведення лісовідновних робіт на вирубаних лісосіках є пні та товстостомірні корені. Найбільш енерго та трудозатратною операцією під час розчищення лісових площ після вирубок є корчування пнів.

Корчування пнів потрібне для створення: протипожежних просік; мінералізованих смуг та протипожежних розривів в лісових масивах; трас для будівництва ліній електропередач, нафто та газопроводів, лісових та доріг загального призначення, лісових розсадників, сільськогосподарських угідь та інше.

В даний час питанню еколого та енергозберігаючих технологій і устаткування надається велике значення. З цією метою мною зроблено аналітичний аналіз існуючих способів корчування пнів на основі якого та розроблено устаткування для корчування пнів з поперечним їх розколюванням.

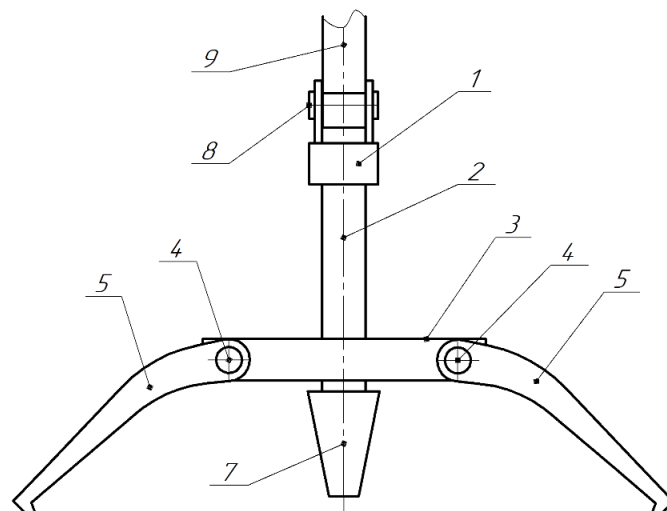
3.2 Схема запропонованого пристосування на базі колісного неповно поворотного екскаватора для корчування пнів з попереднім їх розколюванням

Зробивши аналітичний огляд існуючих способів корчування пнів я прийшов до висновку, що всі вони мають свої недоліки, як в

конструктивному так і в технологічному плані і особливо те, що вони є надзвичайно трудо- і енергомісткими та мало продуктивними. Я запропонував устаткування, яке встановлюється на руків'я колісного неповно поворотного екскаватора, наприклад із екскаватором який випускається в Україні ЕО – 2621 В – 2 і призначено для корчування пнів із попереднім їх розколюванням.

Технологічна схема корчування пнів із попереднім їх розколюванням передбачає розколювання шийки пня спеціальним пристосуванням на чотири або більше частин після чого, розколоті частини видаляють із землі маніпулятором з допомогою спеціальних захопів.

Схема запропонованого корчувального устаткування приведена на рисунку 3.1.



1 – ротатор; 2 – гідроциліндр; 3 – горизонтальна рама; 4 - шарніри; 5 – затискні лапи; 6 – шток гідроциліндра; 7 – розколюючий клин; 8 – з'єднувальний шарнір; 9 – руків'я маніпулятора.

Рисунок 3.1 – Схема запропонованого корчувального устаткування:

Технологічні схеми роботи запропонованого корчувального устаткування приведені на рисунках 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7.

Корчувальне устаткування працює наступним чином. З допомогою маніпулятора 9, корчувальне устаткування, з розведеними в сторони лапами 5, виставляють над пнем так, щоб роколюючий клин 7 був навпроти його центра (Рис.3.3). У разі потреби, повертають корчувальне устаткування у горизонтальній площині ротатором 1, встановлюючи тим самим положення затискних лап відносно коренів, опісля чого затискними лапами 5 захоплюють пень і штоком 6 гідроциліндра 2 подають розколюючий клин 7 на пень (Рис. 3.4). Якщо шийка пня розколена, шток 6 піднімає розколюючий клин 7 у вихідне положення. Після цього розколені частини пня по чергово захоплюються затискними лапами 5 і маніпулятором 9 видаляються із землі (Рис. 3.5).

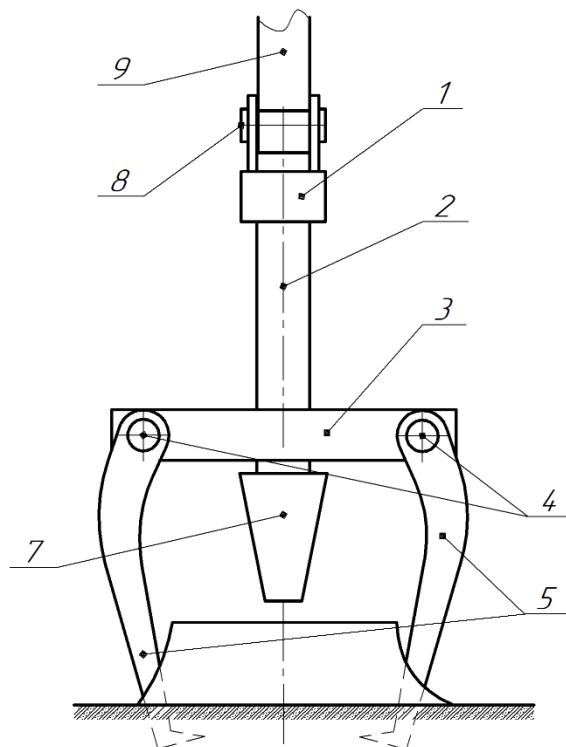


Рисунок 3.3 – Момент захоплення пня затискними лапами пристосування.

Застосування даного обладнання дозволить: значно зменшити зусилля видалення пнів із землі; викорчувувати товстодіаметрні пні екскаваторами порівняно малої потужності; видаляти корені із землі чистими, що суттєво зменшить перемішування поверхневих шарів ґрунту.

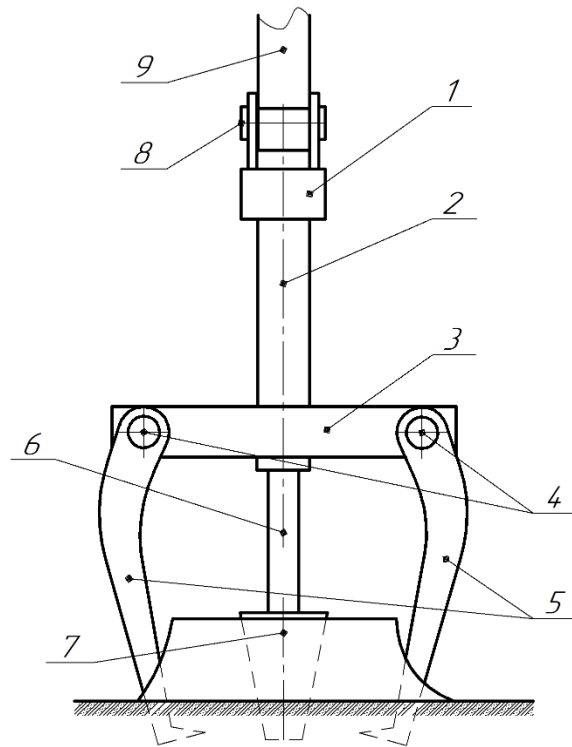


Рисунок 3.4 – Момент розколювання пня клином.

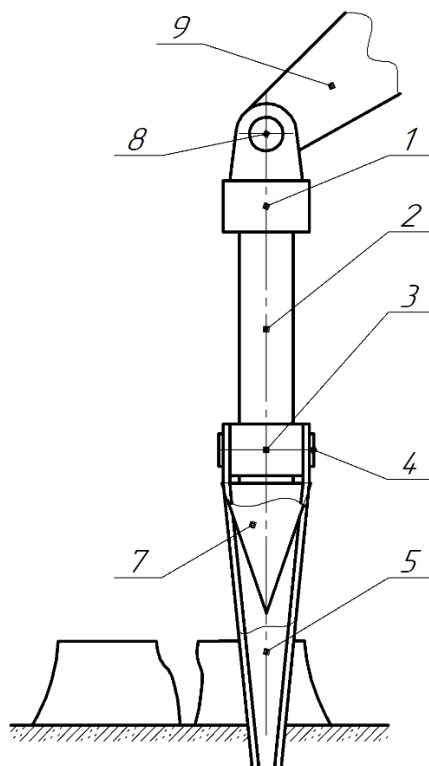
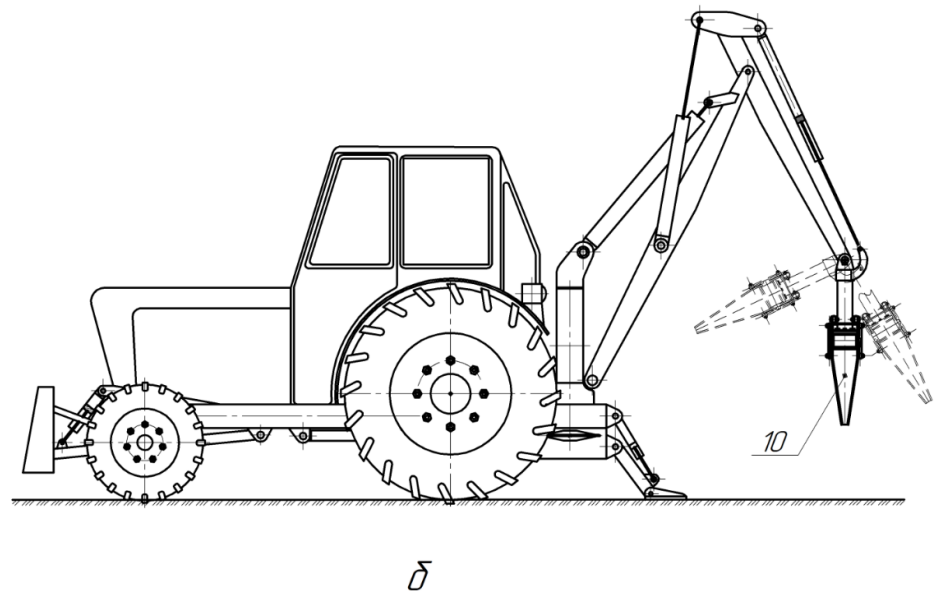
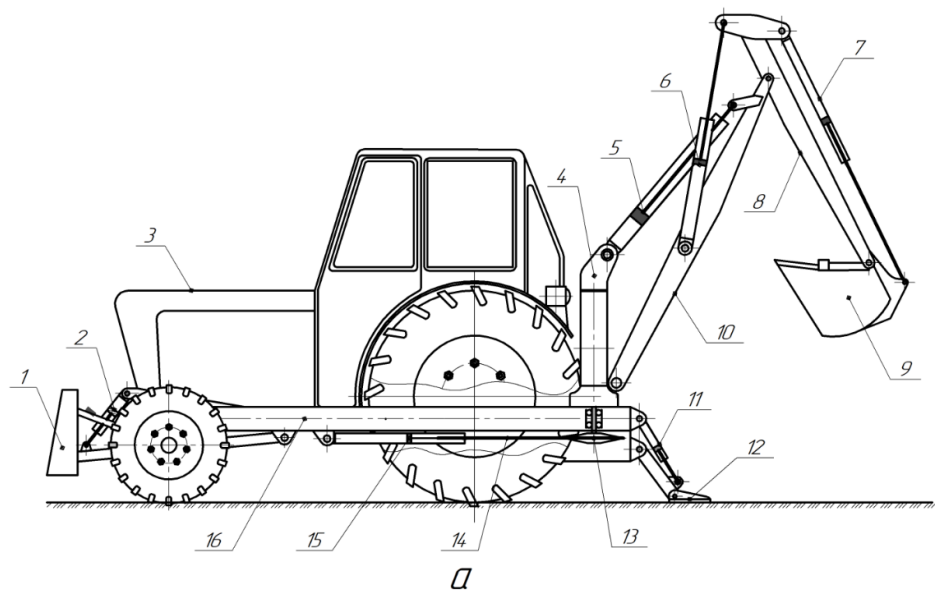


Рисунок 3.5 – Захоплення та видалення розколотих частин пня.

3.3 Опис будови та роботи конструкції запропонованого корчувального устаткування

3.3.1 Схема агрегування екскаватора із запроєктованим устаткуванням

На рисунку 3.6 показано схему агрегування екскаватора із запроєктованим устаткуванням.



а – схема колісного неповно поворотного екскаватора; б – схема екскаватора із встановленим запроєктованим корчувальним устаткуванням

Рисунок 3.6 - Схема агрегування екскаватора із запроєктованим устаткуванням:

Встановлення запропонованого корчувального устаткування на руків'ї екскаватора не потребує великих труд затрат і часу. Як бачимо із рисунка 3.6 для встановлення запроєктованого устаткування потрібно від'єднати вуха штока гідроциліндра 7 від ківша 9, а сам ківш 9 від руків'я 8 екскаватора 3. Після цього потрібно, на місце ківша, встановити запропоноване устаткування 10 і з'єднати із ним вуха гідроциліндра 7.

3.3.2 Опис конструкції запроєктованого устаткування

Конструктивна схема запроєктованого корчувального устаткування приведена на рисунку 3.7.

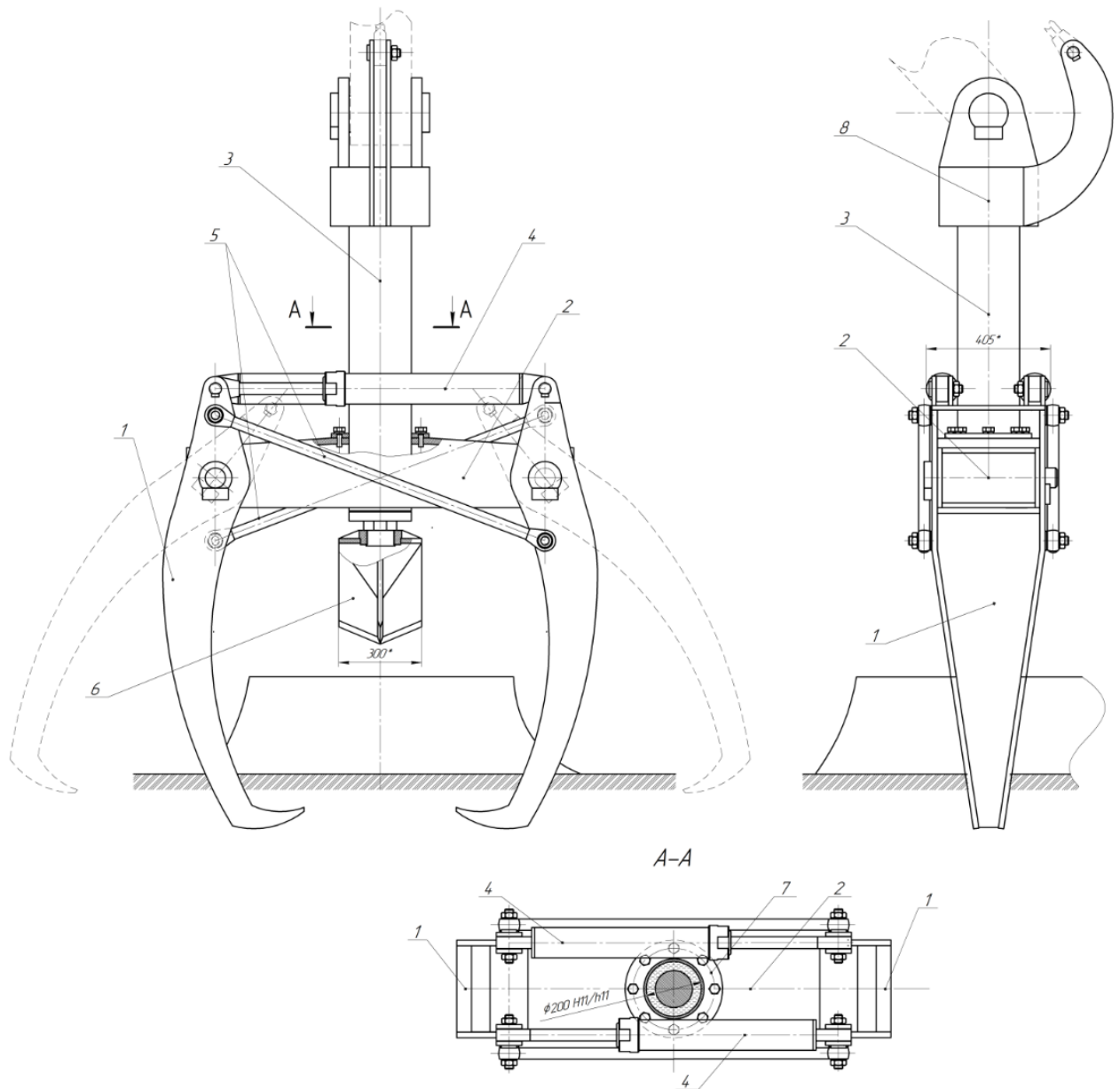
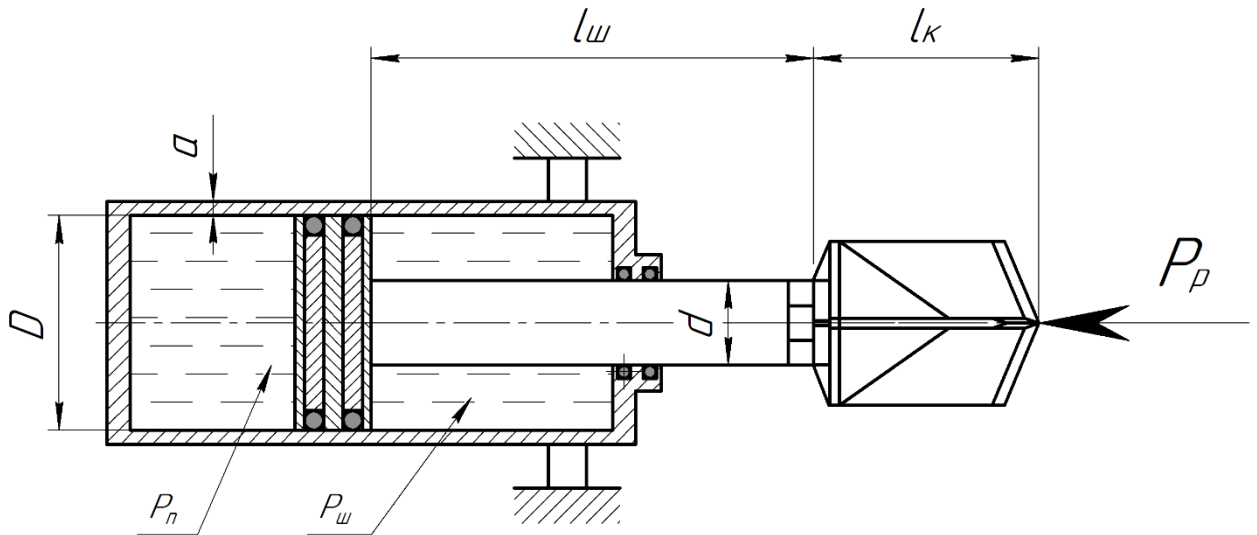


Рисунок 3.7 - Конструктивна схема запроєктованого корчувального устаткування

3.4 Розрахунок привідного гідроциліндра розколюючого клина

3.4.1 Визначення потрібного діаметра поршня гідроциліндра

Схему для розрахунку геометричних параметрів гідроциліндра приведено на рисунку 3.8.



1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – шток.

Рисунок 3.8 – Схема для розрахунку геометричних параметрів гідроциліндра:

Зусилля яке повинен створити гідроциліндр можна визначити за формулою

$$F_{\Gamma} = p_{\Pi} \cdot S_{\Pi} - p_{\text{ш}} \cdot (S_{\Pi} - S_{\text{ш}})$$

де F_{Γ} – зусилля яке повинен створити гідроциліндр на штоку Н; p_{Π} – тиск в поршневій порожнині циліндра Па; S_{Π} – площа поршня м²; $p_{\text{ш}}$ – тиск в штоковій порожнині циліндра м²; $S_{\text{ш}}$ – площа поперечного січення штока м².

Давлення в поршневій порожнині гідроциліндра, для розрахунків, приймаємо рівним давленню яке створює гідростанція змонтована на на екскаваторі. Згідно з технічними даними приймаємо $p_{\text{п}} = 18,0$ мПа.

Давлення в штоковій порожнині залежить від схеми компонування гідросистеми та гідравлічних опорів в окремих її елементах. Для розрахунків приймаємо, що $p_{\text{ш}} = 18$ мПа. Попередньо для виконання розрахунків приймаємо, що діаметр штока рівний 0,1 м.

Зусилля, яке повинен створити гідроциліндр визначимо за формулою

$$F_{\Gamma} = P_{\text{р}} \cdot k_1 \cdot k_{\text{р}}$$

де $k_{\text{р}}$ – коефіцієнт, який враховує специфіку будови пня. k_1 - коефіцієнт, який враховує конструкцію розколюючого клина.

Врахувавши, що розколюючий клин в нашому випадку хрестоподібний приймаємо коефіцієнт $k_1 = 1,8$, а коефіцієнт $k_{\text{р}} = 1,6$.

$$F_{\Gamma} = 332,46 \cdot 1,8 \cdot 1,6 = 957,48 \text{ кН}$$

Потрібний діаметр поршня визначимо за формулою

$$S_{\text{п}} = \frac{F_{\Gamma}}{p_{\text{п}} - p_{\text{ш}} \cdot (1 - S_{\text{ш}})}$$

Площу поперечного січення поршня визначимо за формулою

$$S_{\Pi} = \frac{\pi d_{\Pi}^2}{4}$$

де d_{Π} – діаметр поперечного січення поршня м.

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\Pi}}{\pi}}$$

Кінцеві розрахунки потрібного діаметра поршня приведені в кінці п. п.
3.4.2.

3.4.2 Розрахунок геометричних розмірів штока

Площу поперечного січення штока визначимо за формулою

$$S_{\text{ш}} = \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4}$$

де $d_{\text{ш}}$ – потрібний діаметр поперечного січення штока м.

Розрахунковий діаметр поперечного січення штока визначимо з умови його надійної роботи на поздовжню стійкість

Розрахункова схема штока для розрахунку на поздовжню стійкість приведена на рисунку 3.9.

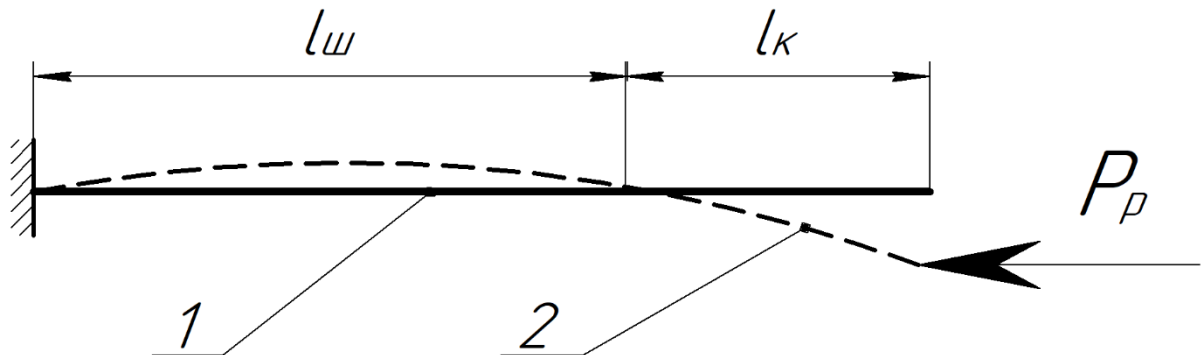


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема для розрахунку штока на поздовжню стійкість.

Допустиму критичну силу $F_{кр}$, яку може витримати шток без деформації визначимо за формулою.

$$F_{кр} = R_c \cdot k^I$$

де k^I – коефіцієнт який враховує умови закріплення кінців. В нашому випадку навантажений кінець штока вільний від в'язів тому приймаємо $k^I = 2,5$.

$$F_{кр} = 957,48 \cdot 2 = 1914,9 \text{ кН}$$

Знаючи $F_{кр}$ визначимо потрібний момент інерції штока

$$I_{шт} = \frac{F_{кр} \cdot l_{пр}^2}{\pi^2 \cdot E}$$

де $I_{шт}$ – осьовий момент інерції круга (поперечного січення штока); $l_{пр}$ – приведена (розрахункова довжина гідроциліндра), м; E – модуль пружності матеріалу з якого виготовлений шток мПа. Для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ Па.

Розрахункову довжину гідроциліндра (згідно даних рисунка) визначимо за формулою

$$l_{пр} = l_1 + l_2 + 2 \cdot l_{ход}$$

Для розрахунків конструктивно приймаємо, що $l_1 = 0,14$ м, $l_2 = 0,10$ м, $l_{ход} = 0,65$ м.

$$l_{пр} = 0,14 + 0,10 + 2 \cdot 0,65 = 1,54$$

$$I_{шт} = \frac{957480,0 \cdot 1,54^2}{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5} = 0,0065$$

Потрібний діаметр штока визначимо за формулою

$$d_{шт} = \sqrt[4]{\frac{I_{шт} \cdot 64}{\pi}}$$

$$d_{шт} = \sqrt[4]{\frac{0,0065 \cdot 64}{3,14}} = 0,108 \text{ м}$$

Враховуючи можливість виникнення не врахованих розрахунком динамічних навантажень приймаємо $d_{шт} = 0,12 \text{ м}$.

Тоді

$$S_{шт} = \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} = 0,011 \text{ м}^2$$

$$S_{п} = \frac{957480,0}{1,8 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^4 \cdot (1 - 0,011)} = 0,0321 \text{ м}^2$$

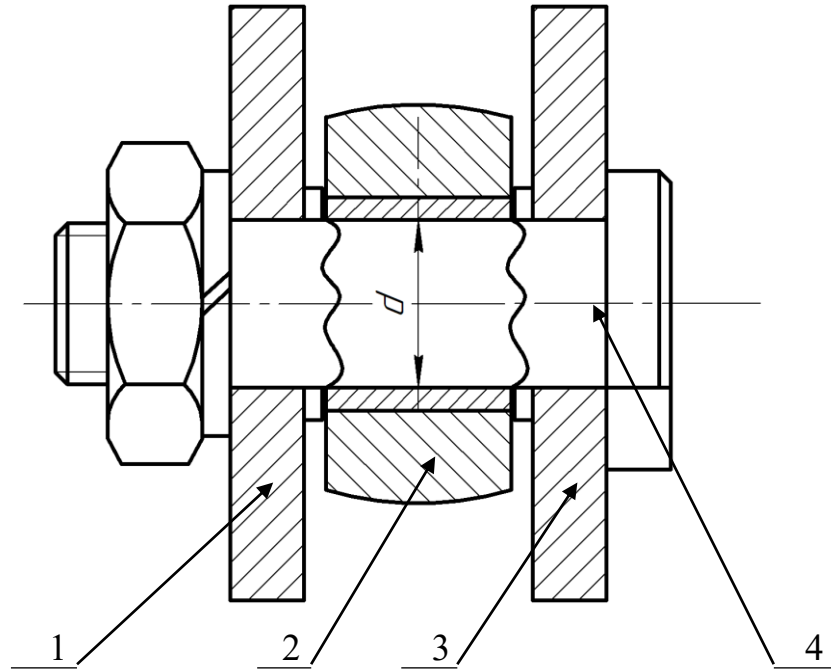
$$d_{п} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0321}{\pi}} = 0,185 \text{ м}$$

Конструктивно приймаємо $d_{п} = 0,18 \text{ м}$.

3.5 Розрахунок шарнірного з'єднання штока гідроцилінда з вухами затискних лап

Шарнірне з'єднання це поворотне з'єднання яке з'єднує шток гідроциліндра з вухами затискних лап.

Розрахункову схему з'єднання приведено на рисунку 3.10



1, 3 – вухо зтискної лапи; 2 – вухо штока гідроциліндра; 4 – палець.

Рисунок 3.10 – Розрахункова схема з'єднання:

Враховуючи умову надійної роботи пальця з'єднання на зрізання потрібний його діаметр визначимо за формулою

$$d_{зр} = \frac{R_A^I}{S_{зр}} \leq [d_{зр}]$$

де R_A^I – сумарне зусилля яке діє на палець Н; $[d_{зр}]$ – допустиме напруження в матеріалі пальця на зріз Па; $S_{зр}$ – площа зрізу м².

Приймаючи до уваги, що затискні лапи управляються двома гідроциліндрами то зусилля яке діє на палець R_A^I вирахуємо за формулою

$$R_A^I = R_A \cdot k_1$$

де k_1 – коефіцієнт який враховує нерівномірність розподілення зусильля між двома гідроциліндрами. В нашому випадку приймаємо, що $k_1 = 0,65$.

$$R_B^I = 9865,32 \cdot 0,65 = 6412,46 = 64124,6 \text{ Н}$$

Так як палець закріплений у двох вухах (рисунок 3.10) то зрізання пальця походить по двох площинах в результаті чого сумарна площа зрізання становить

$$S_{зр} = \frac{2 \cdot \pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot d^2}{2}$$

Розрахунковий діаметр пальця визначимо за формулою

$$d = \frac{2 \cdot R_A^I}{\pi \cdot [\sigma_{зр}]}$$

Напруження в матеріалі пальця під час його роботи на зрізання приймаємо

$$[\sigma_{зр}] = 8,5 \cdot 10^6 \text{ ПА.}$$

$$d = \frac{2 \cdot 64124,6}{3,14 \cdot 8,5 \cdot 10^6} = 0,0276 \text{ м}$$

Під час повороту затискних лап, будуть виникати динамічні навантаження які не передбачені розрахунком в результаті чого приймаємо $d = 0,032$ м.

Під час повертання затискних лап, у з'єднанні, вуха працюють на розрив і зминання. Розрахункову товщину вуха b визначимо виходячи з умови надійної їх роботи на розрив.

Схема для визначення товщини вуха приведена на рисунку 3.11.

Умову надійної роботи вуха на розрив запишемо у вигляді

$$\sigma_p = \frac{R_A^I}{S_p} \leq [\sigma_p]$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження в матеріалі вуха на розрив Па; S_p – площа розриву вуха м².

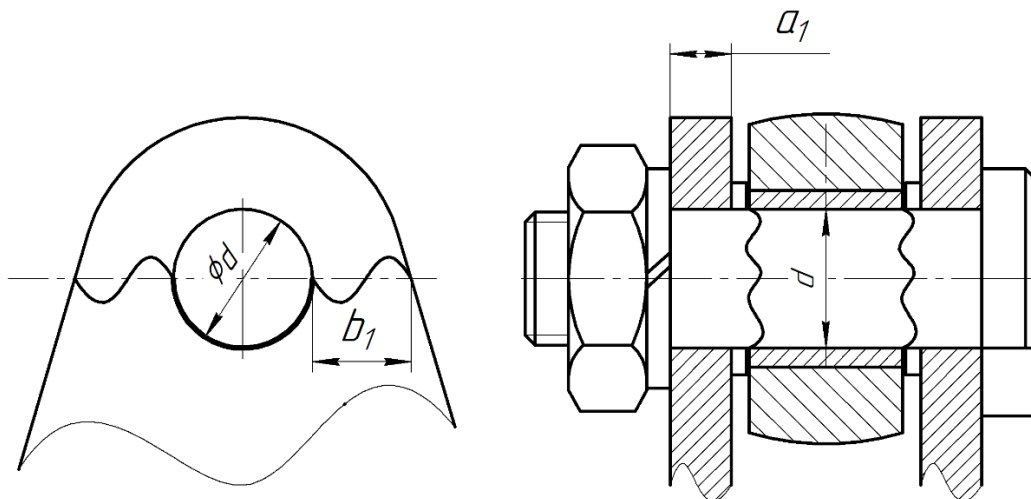


Рисунок 3.11 – Схема для розрахунку вуха на розрив.

Площу розриву вуха визначимо за формулою

$$S_p = 2 \cdot a_1 \cdot b_1$$

де a_1 – товщина вуха, м; b_1 – ширина розриву м.

Приймаємо, що $b_1 = 0,025$ м.

Потрібну товщину вуха вичислимо за формулою

$$a_1 = \frac{R_A^I}{2[\partial_p] \cdot b_1}$$

$$a_1 = \frac{64124,6}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \cdot 0,025} = 0,0167 \text{ м}$$

Приймаємо для подальших розрахунків $a_1 = 0,018$ м.

Правильність розрахунку потрібної товщини вуха перевіримо розрахунком його на зминання

$$\partial_{зм} = \frac{R_A^I}{S_{зм}} \leq [\partial_{зм}]$$

де $[\partial_{зм}]$ – допустиме зминаюче напруження в матеріалі вуха Па; $S_{зм}$ – площа по якій зминається вухо м².

Допустиме напруження в матеріалі вуха на зминання приймаємо $[\partial_{зм}] = 7,5 \cdot 10^6$ ПА.

Площу зминання (згідно рисунка 3.11) можна визначити за формулою

$$S_{3M} = 2 \cdot \frac{\pi d}{2} \cdot b = \pi db$$

$$d_{3M} = \frac{64124,6}{3,14 \cdot 0,025 \cdot 0,018} = 55684,37 \leq 1,6 \cdot 10^6$$

З розрахунки показують, що товщину вуха розраховано правильно.

3.6 Визначення довговічності роботи гідроциліндрів маніпулятора екскаватора ЕО – 2621 В – 2 з корчувальним устаткуванням

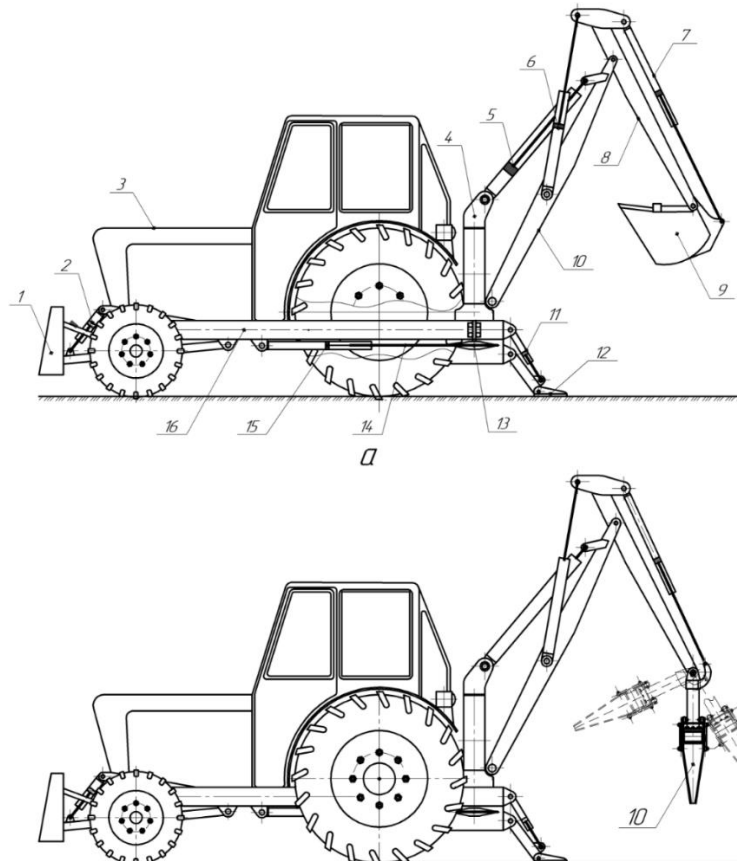


Рисунок 3.12 – Схема розміщення гідоциліндрів технологічного обладнання екскаватора ЕО – 2621 В – 2 з навішеним на нього корчувальним устаткуванням.

Як бачимо із рисунка 3.8 технологічне обладнання екскаватора ЕО – 2621 В – 2 обслуговує: відвал – гідроциліндром 2; упорні лапи – двома гідроциліндрами 11; стріла – гідроциліндром 5; руків'я – двома гідроциліндрами 6; ківш або технологічне обладнання – гідроциліндром 7; поворотна колона двома гідроциліндрами 13.

На підприємстві проведено хронометричні спостереження за роботою гідроциліндрів екскаватора ЕО – 2621 В – 2 і отримано наступні значення безвідмовної роботи гідроциліндрів: гідроциліндр відвалу – 7392 мотогодини; гідроциліндри лап – 8448 мотогодини; гідроциліндр стріли – 9504 мотогодини; гідроциліндри руків'я – 9504 мотогодини; гідроциліндр ківша – 6336 мотогодин; гідроциліндри поворотної колони – 10560 мотогодин.

Статистичну оцінку середнього напрацювання гідроциліндрів технологічного обладнання екскаватора ЕО – 2621 В – 2 до відмови визначимо за формулою:

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_i} t_i$$

де T_{cp} – середній час роботи гідроциліндрів технологічного обладнання, год; N_o – загальна кількість гідроциліндрів, шт; t_i – час роботи i -того гідроциліндра, год.

$$T_{\text{cp}} = \frac{7392 + 8448 \cdot 2 + 9504 + 9504 \cdot 2 + 6336 + 10560 \cdot 2}{9} = 8917,33, \text{ год}$$

Як бачимо з розрахунків середнє напрацювання гідроциліндрів технологічного обладнання екскаватора ЕО – 2621 В – 2 до відмови становить 8917,33 години, що відповідає 4,2 рокам роботи.

ВИСНОВКИ

Одним із напрямків, який дозволить частково вирішити проблему забезпечення сировинною лісову галузь є заготівля та переробляння пнів та товстимірних коренів на технологічну тріску з використанням її в плитному та хімічному виробництві. На сьогодні, певно коренева деревина на території України, практично, не використовується, хоча її об'єм складає 10 – 15 % від загального об'єму дерева.

До причин, які стримують використання певної деревини є відсутність ефективних машин та устаткування для корчування пнів.

На сьогоднішній день, пні корчують екскаваторами, бульдозерами або тракторами, які оснащені відвалами вичісувачами. Корчування пнів такими способами вимагає великих енергозатрат та часто приводить до значних пошкоджень ґрунту в місцях корчування, що зводить на нівець прибуток від використання певної деревини.

В цій роботі мною запропоновано корчувальне устаткування, яке агрегується з маніпулятором колісного екскаватора EO – 2621 В – 2 і під час корчування пень спочатку розколюють дві або більше частин після чого розколоті частини видаляють із землі.

В першому розділі кваліфікаційної роботи бакалавра я зробив обґрунтування доцільності використання певної деревини та зробив аналітичний огляд існуючих способів, машин та устаткування для корчування пнів на лісосіці. Запропонував нову конструктивну схему корчування пнів із попереднім її розколюванням.

В другому розділі проаналізував методики розрахунку зусиль які виникають під час розколювання деревини клином. Привів експериментальні дані досліджень, отримані на кафедрі ЛПВ ЛД НЛТУ України, залежності зусилля розщеплення дубового пня від його діаметра. Визначено потрібне

штовхаюче зусилля на клині для розколювання дубового пня діаметром $d = 60$ см з кутом загострення клина $\alpha = 35^\circ$.

В третьому розділі розроблено конструктивну схему кочувального устаткування, яке агрегується з руків'ям маніпулятора екскаватора ЕО – 2621 В – 2 і призначене для корчування пнів із попереднім їх розколюванням.

Приведено схему поетапної роботи запропонованого устаткування

В цьому розділі розраховано потрібні геометричні розміри привідного гідроциліндра розколюючого клина.

Зроблено розрахунки окремих вузлів устаткування на міцність.

Використання запропонованого устаткування дозволить: значно зменшити зусилля під час корчування пнів; корчувати товстомірні пні екскаваторами порівняно малої потужності; видаляти корені із землі чистими, а це суттєво зменшить перемішування поверхневих шарів ґрунту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Дьяченко Я. Я. Ефективність інтенсивного відтворення і раціонального використання сировини // Лісове госп-во, лісова, паперова і деревообробна промсть. – 1990. - №2. - С. 2-5

2 Гаврусевич А. М., Бродович Р. І., Кацуляк Ю. Д., Яцик Р. М., Голубчак О. І. Діброви Українських Карпат і суміжних територій, їх стан та особливості відновлення [Текст] : моногр. / А. М. Гаврусевич, Р. І. Бродович, Ю. Д. Кацуляк, Р. М. Яцик, О. І. Голубчак. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. – 160 с.

3 Генсірук С. А., Нижник М. С., Копій Л. І. Ліси Західного регіону України [Текст] : моногр. / С. А. Генсірук, М. С. Нижник, Л. І. Копій. – Львів: Атлас, 1998. – 408 с.

4 Шкіря Т.М. Машины та обладнання лісосічних і лісоскладських робіт [Текст]: підручник /Т.М. Шкіря.- Львів: Тріада Плюс, 2005,-436с.-ISBN 966-7596-54-0.

5 Hakila P. Additional raw material for the Forest industry intensified recovery of wood// Economic Review. – Helsinki. – 1975. – 2. - P. 11-17.

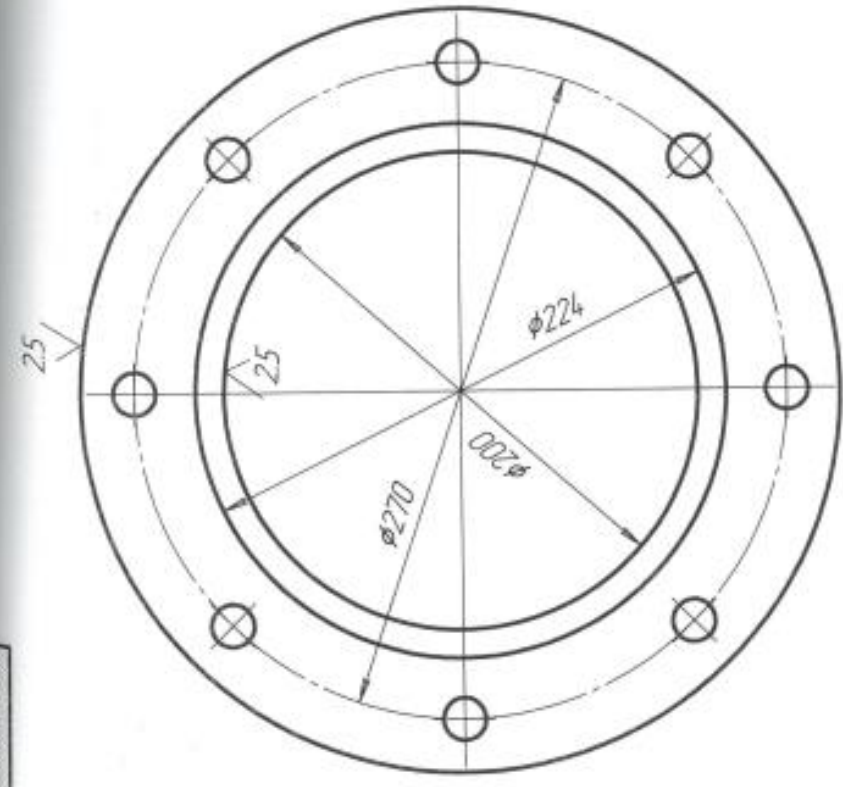
6 Деталі машин. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Автоматизовані логістичні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Ю.П.Горбатенко.– електронні текстові дані (1 файл: 16,1 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 190 с.

7 Бабенко А.С. та ін. Механіка матеріалів і конструкцій частина 1. Просте навантаження. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Бабенко А.С. та ін. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 190 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/319cad55-3d27-48f5-9244-34fc1f9477d8/content>

8 Розрахунки на зріз і зминання. [Електронний ресурс].
<https://studfile.net/preview/9277595/page:2>

ДОДАТКИ

02/1/1




1 Неказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, +f14/2

2 Неказані фаски робити 1*45

№ кресл.	№ докум.	Шкала	Лист	Кількість	Матеріал
	КР.131.Н.БР.1.103.010107			12	
Розроб.	Мельник В. В.		Лист	Листов	
Лист	Григорук В. М.				
Масштаб					НПТУ України
Стр.	Ст. 3 ГОСТ 380-88				Ст. зр. Н-21

Формат А3

№ кресл.	№ докум.	Шкала	Лист	Кількість	Матеріал
	КР.131.Н.БР.1.103.010107			12	
Розроб.	Мельник В. В.		Лист	Листов	
Лист	Григорук В. М.				
Масштаб					НПТУ України
Стр.	Ст. 3 ГОСТ 380-88				Ст. зр. Н-21

