

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ІНН) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання
(назва кафедри)

Ловейкін В.С.

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 2022

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Оптимізація режиму руху пересувної лебідки для переміщення

сільськогосподарських вантажів Спеціальність (напрямок підготовки)

133

«Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Керівники магістерської роботи

К.т.н., ст. викладач
д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Дячко А.П.
Ловейкін В.С.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Сторож Р. О.

(ПІВ студента)

КИЇВ – 2022

ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач
кафедри

Конструювання машин і обладнання
д.т.н., професор Ловейкін В.С.
(науковий ступінь, час вчення) (підпис) (ІПН)
2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської роботи студенту

Сторожу Ростиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)
Спеціальність (напрямок підготовки) Галузь машинобудування
(код і назва)

Тема випускної магістерської роботи: Оптимізація режиму руху пересувної
лебідки для переміщення сільськогосподарських вантажів

затверджена наказом ректора НУБіП України від " 25 " листопада 2020 р. № 1855 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру: 2022.11.05
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: Технологічна схема, Продуктивність

Перелік питань, які потрібно розробити: Актуальність розробки, розробка конструкції та
розрахунок лебідки, динамічний аналіз руху лебідки, оптимізація режиму руху лебідки,
оговона праці, економічна ефективність, розробку

Перелік графічних документів (за потреби)

- Лист 1. Технологічна схема (A1)
- Лист 2. Ковшовий елеватор. Загальний вигляд (A1)
- Лист 3. Приводний барабан (A1)
- Лист 4. Деталі

Дата видачі завдання " 02 " грудня 2021 р.

Керівники дипломного проекту бакалавра Ловейкін В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Сторож Р.О.

(підпис) (прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

ЗМІСТ 3

ВСТУП 4

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ 7

1.1. Класифікація способів трелювання деревини і трелювальних машин 7

1.2. Типи тракторів, що застосовуються на трелюванні деревини, особливості їх конструкцій і область застосування 10

1.3. Особливості трелювання деревини тракторами 17

1.4. Лебідки для приводу канатних установок і їх характеристика 21

1.5. Інші види техніки, що застосовуються при трелюванні 26

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЛЕБІДКИ 29

2.1. Вихідні дані до розробки конструкції лебідки 29

2.2. Розрахунок і вибір каната 32

2.3. Розрахунок діаметра тягового барабана 33

2.4. Розрахунок і вибір двигуна лебідки 33

2.5. Розрахунок і вибір редуктора приводного механізму 34

2.6. Розрахунок і перевірка стінок тягового барабана лебідки 35

2.7. Розрахунок і вибір муфти приводного механізму 37

2.8. Розрахунок і вибір гальма приводного механізму 38

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЯГОВОЇ ЛЕБІДКИ.....

3.1. Визначення параметрів тягової лебідки 42

3.2. Побудова схеми тягової лебідки 42

3.3. Вибір приводного двигуна тягової лебідки 42

НУБІП України

3.4.	Кінематичний розрахунок тягової лебідки.....	43
3.5.	Визначення моменту інерції барабана.....	43
3.6.	Побудова динамічної моделі тягової лебідки.....	43
3.7.	Побудова математичної моделі тягової лебідки.....	43
3.8.	Розробка алгоритму розрахунку моделі тягової лебідки.....	43
РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ ТЯГОВОЇ ЛЕБІДКИ		
4.1.	Вибір критерію оптимізації режиму руху.....	43
4.2.	Визначення оптимального режиму руху тягової лебідки.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЛЕБІДКИ.....		
5.1.	Загальні вимоги безпеки роботи.....	44
5.2.	Вимоги безпеки перед початком роботи.....	78
5.3.	Вимоги безпеки під час роботи.....	78
5.4.	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	80
5.5.	Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	81
РОЗДІЛ 6. ОБґРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....		
6.1.	Розрахунок фонду заробітної плати на основних, підготовчих та допоміжних роботах.....	82
6.2.	Розрахунок потреби і вартості паливно-мастильних і допоміжних матеріалів.....	83
ВИСНОВКИ.....		84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		88
ДОДАТКИ.....		88
Ошибка! Закладка не определена.		
ВСТУП		

Сучасні технології сільськогосподарського виробництва вимагають переміщення заготовок і вантпостачання в процесі виконання технологічних операцій вклучи підготовчі роботи, транспортування заготовленої сировини з ділянок поля на склади або безпосередньо споживачу.

Сільськогосподарська сировина може постачатись також для подальшої переробки в технологічних цехах. Також виникає потреба в переміщенні сільськогосподарської техніки під час ремонтних робіт, а також виконання її технічного обслуговування та діагностування на спеціальних постах. Для

цього є потреба у використанні тягових лебідок та спеціальної транспортної техніки, за допомогою яких можливо переміщуватись сільськогосподарські вантажі різного призначення. Для цього запропоновано розробити конструкцію тягової лебідки з машинним приводом, за допомогою якої можна було б переміщувати вантажі на незначні відстані. Одним з напрямків використання таких лебідок є лісозаготівля

Забезпечення потреб в деревині проводиться в основному лісозаготівельної промисловістю - галуззю лісової промисловості, що займається заготівлею, вивезенням, первинною обробкою, часткової переробкою круглих лісоматеріалів і постачанням лісоматеріалів споживачам.

Лісозаготівельна промисловість відноситься до видобувних галузей промисловості. На відміну від гірничорудної та інших видобувних галузей промисловості вона має деякі специфічні особливості. Так, ліси розташовані на великій території, запаси деревини на одиничних площах.

При наявності розвинутого лісопромислового виробництва перспективними є комплексні лісові підприємства, що поєднують в собі лісозаготівельні та лісообробні функції з лісогосподарськими. На них краще вирішуються питання раціонального і комплексного використання деревної сировини, утилізації відходів, лісовідновлення та побічного користування.

Сучасне лісозаготівле виробництво - це порівняно велике механізоване підприємство, як правило, цілорічної дії. Воно оснащено різноманітною лісозаготівельною технікою, зокрема, різними малогабаритними транспортними засобами, до яких відносяться тягові лебідки.

При роботі тягових лебідок в їхніх елементах, зокрема, тяговому органі (канаті) виникають значні динамічні навантаження, які приводять до їх передчасного виходу з ладу та руйнувань. Тому виникає потреба у дослідженні динамічних процесів, які мають місце при роботі тягових лебідок.

Для дослідження динамічних процесів виникає потреба в проведенні динамічного моделювання тягових лебідок. Тут виникає потреба в побудові динамічної моделі лебідки і на її основі складається математична модель, яка представляється у вигляді системи диференціальних рівнянь руху.

Розрахунок математичних моделей лебідок дозволяє визначити динамічні навантаження, які виникають в її елементах. Аналіз отриманих розрахунків динамічного аналізу дозволяє виявити найбільш небезпечні елементи і вносити зміни в конструкції лебідок.

Для усунення значних динамічних навантажень, особливо в тяговому канаті, запропоновано провести оптимізацію режиму руху приводного механізму під час проходження перехідних процесів (пуск, гальмування). Для цього використані динамічні інтегральні критерії оптимізації, мінімізація яких дозволить вибрати режими пуску або гальмування лебідки, які значно зменшать динамічні навантаження і, як наслідок, підвищать їхню надійність.

РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ

1.1. Класифікація способів трелювання деревини і трелювальних машин

Процес трелювання деревини тракторами складається з наступних основних операцій: руху трактора без вантажу на лісосіку, формування пачки, руху трактора з вантажем на вантажний пункт (верхній склад), розвантаження пачки і при необхідності вирівнювання комлей.

Техніка виконання цих операцій для різних типів трелювальних тракторів залежить від особливостей і кінематики навісного трелевочного обладнання. Сортуванням називається процес поділу сортиментів за призначенням,

розмірами та іншими ознаками і переміщення їх від місця заготівлі до місця укладання в штабелі.

штабелювання - процес укладання сортиментів в штабелі.

Трелювальний волок - це найпростіший тимчасовий транспортний шлях по лісосмузі, за яким заготовлена деревина доставляється з лісосіки на вантажний пункт або верхній склад.

Найбільше застосування отримало тракторне трелювання деревини. В Україні майже вся заготовлена деревина трелюється тракторами. Завдяки мобільності тракторів деревину можна трелювати до будь-якого пункту лісосмугової дороги в рівнинній і слабопохилій місцевості (ухил до 15 °) на лісосіках з задовільною і хорошою несучою здатністю ґрунтів.

Трелювання деревини канатними установками застосовується обмежено але, в основному на лісосмугах з заболоченими і слабкими ґрунтами і в гірській місцевості. Вона неефективна при освоєнні розрізнених лісосмуг, в насадженнях з малим запасом деревини на 1 га і при неповній рубці. Проте при трелюванні канатними установками майже вся потужність двигуна приводної лебідки витрачається на переміщення вантажу, тоді як при трелюванні тракторами тільки 60-65%, а решта витрачається на переміщення самого трактора.

Трелювання хлестів застосовується зазвичай на лісосіках зі слабкою несучою здатністю ґрунтів, так як сучки, гілки і вершини необхідні для укріплення волоків, а також коли на лісосмузі є великогабаритні (висотою 1 м і більше) підріст і молодняк господарсько цінних порід.

При виборі типу навантажувального засобу необхідно враховувати такі основні фактори: з природних - Середній обсяг хлиста, ґрунтово-ґрунтові умови і рельєф місцевості, з організаційних - Добовий обсяг навантаження, вид занурюваної деревини та територіальне розташування вантажних пунктів (верхніх складів); з техніко-економічних - Тип і виробничу потужність машин на попередніх операціях (валки, трелюванні і ін.), Тип лісовозного транспорту.

Трелювання сортиментів переважає в Швеції, Фінляндії та інших закордонних країнах, а також при розробці леосік в гірській місцевості, проведення рубок догляду та неповних рубок, при розробці великомірних насаджень (середній обсяг хлиста більше 5 м³).

Трелювання деревини волоком застосування не отримала в основному через великий опір руху і погану прохідність дерев, хлестів або сортиментів по волоку.

При трелюванні деревини тракторами, найбільшого поширення отримало трелювання дерев і хлестів в напівпогруженому положенні, а при

трелюванні канатними установками - напівпідвішеному трелюванні з несучим канатом і підвісне трелювання.

Напівпідвішене трелювання з несучим канатом застосовують в гірській і рівнинній заболоченій місцевості. При цьому спосіб трелювання потрібні дві щогли і більш для підвіски несучого каната. Вантажний візок, рухаючись по канату, що несе, забезпечує рух пачки з піднесеним переднім кондом над землею на всьому шляху переміщення. Завдяки цьому зменшується опір руху пачки по волоку; а зустрічаються перешкоди легко долаються.

Напівпідвісне трелювання деревини без несучого каната застосовується рідко і в основному в рівнинній місцевості, при цьому потрібно лише одна щогла, і чим вище щогла, тим більше радіус напівпідвішеного трелювання. При висоті щогли 14-16 м рух пачки з піднесеним переднім кінцем починається лише в 50-60 м від щогли, а на більшій відстані пачка трелюється фактично волоком, що погіршує його прохідність і негативно позначається на продуктивності установки.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

1.2. Типи тракторів, що застосовуються на трелюванні деревини, особливості їх конструкцій і область застосування

Трактори, що застосовуються при трелюванні деревини, підрозділяються на спеціалізовані та загального призначення. У спеціалізованих тракторів є спеціальне технологічне обладнання для збору пачки дерев, хлестів або сортиментів і переміщення їх на вантажний пункт і кабіна розташована спереду для поліпшення оглядовості і спрощення управління трактором. Крім того, спеціалізовані трелювальні трактори більше пристосовані до лісового середовища завдяки спеціальній конструкції ходової частини. Тому вони отримали широке застосування на трелюванні деревини.

За конструкцією ходової частини трактори, що застосовуються на трелюванні деревини, діляться на гусеничні та колісні. Причому останнім часом все ширше почали застосовувати спеціалізовані колісні трактори з віссю копання, що зміщується. Ці трактори мають високу маневреність і енергозашадність, що дозволяє їм рухатися по водку на високих швидкостях. Тому вони більш продуктивні, ніж гусеничні трактори. Однак прохідність колісних тракторів на лісосмугах зі слабкою несучою здатністю ґрунтів і при глибокому снігу гірше, ніж у гусеничних.

За конструкцією технологічного обладнання для набору пачки трелювальні трактори діляться на чотири типи:

- трелювальні трактори, оснащені канатно-чокерним обладнанням для трелювання дерев, хлестів і сортиментів;
- трелювальні трактори, оснащені гидроманіпуляторами з кліщовим захопленням для безчокерного трелювання дерев і хлестів;
- трелювальні трактори, оснащені кліщовим захопленням для безчокерного трелювання сформованих пачок дерев і хлестів (підбирачі-трелювальники пачок);
- трелювальні трактори, оснащені гидроманіпулятором

з щелепним захопленням для безчокерного трелювання (підвезення) сортиментів (навантажувально-транспортуючих машини).

З цих типів все більше застосування отримують трелювальні трактори для безчокерного трелювання деревини, так як вони виключають ручну працю і значно підвищують продуктивність праці.

Останнім часом у зв'язку з постійним подорожчанням енергоносіїв в деяких закордонних країнах, зокрема в Фінляндії, Швеції, почали застосовувати в дослідному порядку на трелюванні сортиментів міні-трактори з причіпним трелювальним обладнанням.

Незалежно від типу трелювального трактора він складається з базової машини і навісного або причіпного трелювального обладнання.

Трелювальні трактори з канатно-чокерним трелювальним обладнанням. Вони призначені для збору окремо лежачих дерев, хлестів або сортиментів, формування їх в пачки і трелювання на вантажний пункт або верхній склад. Таке трелювальне обладнання (рис. 1.2, а) складається з однобарабанної лебідки, каната 2, навантажувального щита 5, чокерів 4 і гідросистеми. Лебідка і навантажувальний щит встановлені на рамі трактора

за кабіною. Лебідка однобарабанна, реверсивна, служить для формування пачки дерев (хлестів, сортиментів), підтягування до трактора і укладання на щит. Для цього використовується канат довжиною 30-45 м і діаметром 17-22 мм. Одним кінцем він кріпиться до барабана лебідки, а другий кінець - вільний і забезпечений стопорним розрізним кільцем 7 (рис. 1.2, б) для зручності причеплення до нього чокерів, якими заіпається заготовлена деревина.

Навантажувальний щит - відкидний, призначений для навантаження передньої частини пачки на трактор, транспортування її в напівпогруженому положенні і для розвантаження пачки на вантажному пункті. Навантаження пачки і утримання її на щиті проводиться лебідкою, а розвантаження - рухом

трактора вперед при розгальмованій лебідці. Скидання і натаскування порожнього вантажного щита на трактор проводиться гідроциліндром.

Трелювальні трактори з гідроманіпулятором. Вони призначені для збору окремо лежачих дерев (хлестів) і трелювання їх на вантажний пункт.

Навісне трелювальне обладнання таких тракторів складається з гідроманіпулятора 3 з клішовим захопленням 5 на кінці, пакетосформованого пристрою (коника) 6 і гідросистеми (рис. 1.2. а). На цих тракторах спереду на рамі встановлюється щит, яким можна вирівнювати комлі і штабелювати дерева (хлести) на вантажному пункті.

Рис. 1. Трелювальник з канатно-чокерним трелювальним обладнанням

Гідроманіпулятор (рис. 1.2. а) служить для захоплення, підтягання повалених дерев (хлестів) і укладання їх в коник. Він складається з опірної ферми 1, стріли 2, рукояті 4 і клішового захоплення 5. Стріла може повертатися в горизонтальній площині на кут до 230° , а клішовий захват - навколо вертикальної осі.

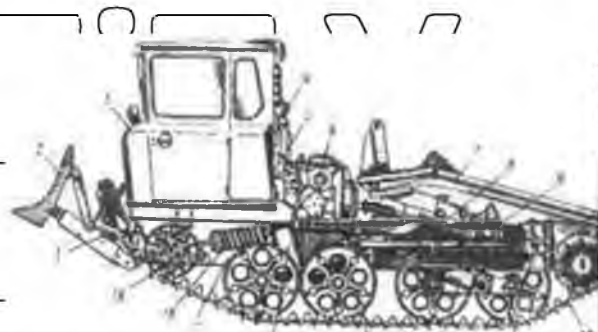
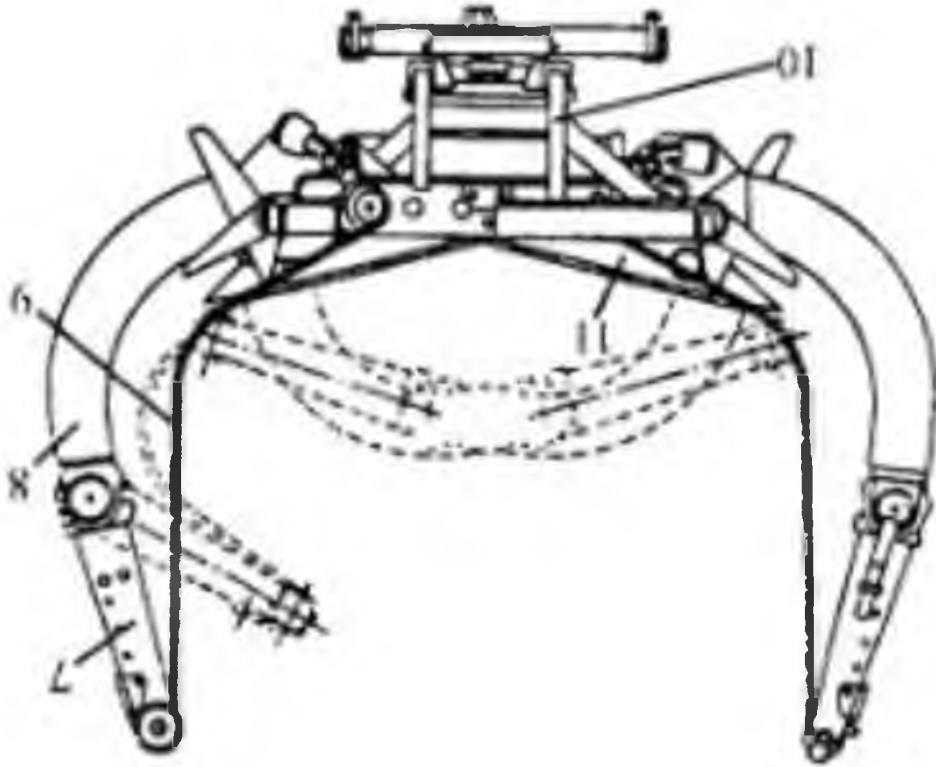


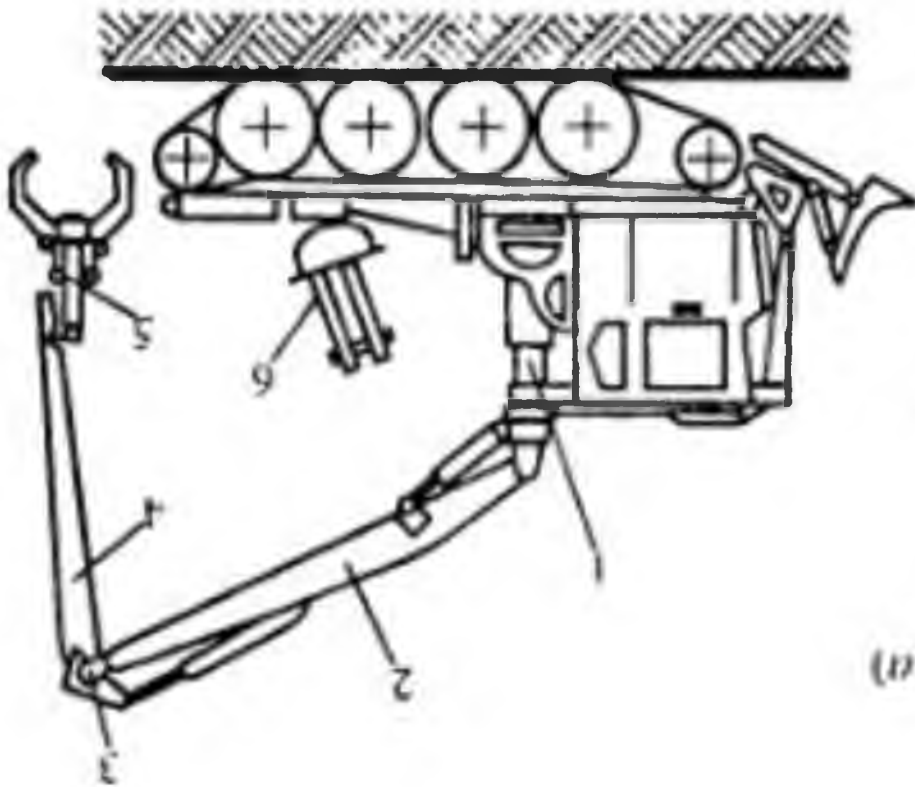
Рис. 1.

НУВБІЛ УКРАЇНИ

Рис. 1.2. Тракторний трактор з приводом



б)



а)

НУБІП УКРАЇНИ

Коник служить для формування пачки, надійного закріплення покладених в нього комлей або вершин хлестів (дерев) і утримування їх в процесі трелювання.

Для цього він забезпечений затискними важелями і ув'язочним пристроєм (рис. 1.2, б). Затискні важелі складаються з двох шарнірно з'єднаних частин 7 та 8. Верхні частини важелів підпружинені і можуть повертатися щодо нижніх всередину коника за допомогою канатів 9 на кут, обмежений упорами. Нижні частини важелів теж можуть повертатися всередину за допомогою гідроциліндра, розташованого в підставі 10 коника.

Така конструкція коника забезпечує хороший обхват пачки і притиск її до утримуючого ножа 11 підстави коника.

Стріла - арочною або паралелограмною типу, неповоротна зі змінним

вильотом, шарнірно кріпиться ззаду на рамі трактора і може мати

дугоподібну або Г-подібну форму. Вона призначена для підйому і опускання кліщового захоплення і утримування його в заданому положенні. Зміна вильоту стріли проводиться гідроциліндрами. При наявності канатного в'язочного пристрою на стрілі встановлюються напрямні ролики для каната.

НУБІП УКРАЇНИ

Кліщовий захват служить для захоплення пачки дерев або хлестів, покладених на землі, і утримання їх в напівпідісному положенні в процесі трелювання.

Він складається з траверси 6, двох криволінійних важелів 9, шарнірно з'єднаних з траверсою, і синхронізаторів 7, що забезпечують розкриття і закриття обох важелів на однакову відстань незалежно від значень діючих на них зусиль. Кліщовий захват відкривається і закривається гідроциліндром 8, розташованим всередині траверси.

НУБІП УКРАЇНИ

Лебідка - однобарабанна реверсивна і призначена для зтягування каната в'язочного пристрою, а при його відсутності - для підтягування і

притиску до щиту 5 кліщового захоплення при русі порожньому або ж переднього торця пачки при русі з вантажем, щоб вони не розгойдувалися під час руху і не вивели трaktor з рівноваги. При відсутності кліщового захоплення за допомогою лебідки можна формувати пачку дерев або хлистів,

використовуючи чокери, підтягати її до трактора і утримувати в полуподвесном положенні на стрілі, притиснутою до щиту в процесі трелювання.

Щит нерухомо закріплений на задній напіврамі колісного трактора і служить для захисту напіврами і задніх коліс трактора від пошкодження захопленням і передньою частиною пачки (комлями дерев або хлистів) в процесі руху трактора.

Трелювальні трактори з гідроманіпулятором для сортиментів (вантажно-транспортні машини). Вони призначені для збору

заготовлених на лісосмузі сортиментів з попутним їх сортуванням за призначенням і довжинами, доставки сортиментів на верхній склад і укладання в штабелі. Навісне технологічне обладнання таких тракторів складається з гідроманіпулятора 1 з щелепним захопленням 5 на кінці, вантажної платформи 4 та гідросистеми (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Вантажно-транспортна машина для підвезення сортиментів

Гідроманіпулятор за конструкцією аналогічний гідроманіпулятору, який встановлюється на трелювальні трактори для безчокерного трелювання (рис. 1.3, а) але має більший виліт. Він призначений для збору сортиментів на

лісосмузі, навантаження їх на вантажну платформу і вивантаження в штабель. Особливістю конструкції цього гідроманіпулятора є те, що стріла

може бути телескопічною. Крім того, оснащення гідроманіпулятора щелепним захопленням забезпечує хороше управління сортиментів при виконанні вантажно-штабелювальних робіт. Для забезпечення повороту

щелепного захоплення в горизонтальній площині (рис. 4.4) він забезпечений ротатором 2 (механізмом повороту).

Вантажна платформа 4, як і гідроманіпулятор, розташована на рамі трактора за кабіною і забезпечена п'ятьма парами стійок 3. Це дозволяє укласти на платформу сортименти різних довжин: від двох до шести метрів.

У всіх типах трелювальних тракторів гідросистема призначена для приводу в дію робочих органів навісного технологічного устаткування. Вона

включає гідронасоси, розподільну і запобіжної апаратури, трубопроводи високого і низького тиску, бак з фільтрами для робочої рідини і виконавчі

робочі органи: гідроциліндри і гідромотори.

Арочний причіп використовують для підтрелювання заготовленої деревини до трелювального волоку (технологічного коридору). Піднесення

переднього кінця пачки або колоди відбувається в результаті ковзання причіпного карабіна вгору по похилій балці 1 (рис. 1.2, б) при русі причепа

вперед. Для відчеплення арочний причіп переміщують тягачем назад; при цьому чокер послаблюється і його легко зняти з пачки (колоди).

НУБІП України

1.3. Особливості трелювання деревини тракторами

Трелювання деревини тракторами проводиться по спеціально підготовленим волокам, розташованим певним чином на лісосмузі. Продуктивність трелювальних машин багато в чому залежить від якості трелювальних волоків, які повинні прокладатися з дотриманням певних вимог і в період експлуатації підтримуватися в належному стані. Так, керівний підйом на волоки не повинен перевищувати 100-150% о, а ухили на стеках - до 200% о. На кривих ділянках волок повинен бути ширше на 1-2 м. Заокруглення на волоки необхідно влаштовувати з радіусом не менше 30 м. Магістральні волоки по можливості слід розташовувати по стека в вантажному напрямку.

Процес трелювання деревини тракторами складається з наступних основних операцій: руху трактора без вантажу на лісосмузі, формування пачки, руху трактора з вантажем на вантажний пункт (верхній склад), розвантаження пачки і при необхідності вирівнювання комлей. Техніка виконання цих операцій для різних типів трелювальних тракторів залежить від особливостей і кінематики навісного трелевочного обладнання.

Рух трактора без вантажу на лісосіці повинно проводитися переднім ходом по волокам після того, як навісне трелювальне обладнання приведено в транспортне положення і зафіксоване. Заключним прийомом холостого ходу трактора на лісосіці є маневрування трактора у місця формування і навантаження пачки. Не доїжджаючи до цього місця, трактор розгортається і встановлюється в необхідному положенні.

Формування пачки є найбільш складною операцією при чокерному трелюванні. Кільця чокерів повинні влягатися на збирає канат послідовно, починаючи з ближнього до трактора зачокерованого дерева (хлиста), щоб не

було перехрещення стовбурів при формуванні пачки. При трелюванні за вершини батоги під час збору пачки витягають без розвороту. Для цього трактор встановлюють так, щоб напрямок тягового зусилля лебідки можливо ближче збігалось з напрямком збирає каната. Хлисти чокерують за вершини на відстані 0,7-1,2 м від зрізу. Щоб чокери не зісковзували, при обрізанні сучків залишають мутовки з двох-трьох гілок довжиною 2-3 см на відстані 0,2-0,4 м від верхнього зрізу. Гладкі і тонкі вершини зачіпають подвійною петлею.

Дерева за комлі чокерують на відстані 0,5-0,7 м від окоренкову торця.

Чокер зачіпають так, щоб зів така був звернений назовні від стовбура і виключалася мимовільна розчеплення. Напрямок тягового зусилля лебідки має бути приблизно перпендикулярним до поздовжньої осі зачокерованих дерев (рис. 1.7, б), щоб уникнути упору комлей в пні, коріння і заривають в землю або в сніг. Поруч лежать дерева (хлисти), особливо дрібні, доцільно зачіпати одним чокером. У процесі формування пачки чокеровщик повинен знаходитися не ближче 5 м від крайнього хлиста (дерева) і стежити, щоб не було саморозчіпки чокерів, заклинювання стовбурів або упору комлей в пні.

Після формування пачка зтягується лебідкою на щит і закріплюється в необхідному положенні при самогальмуванні лебідки.

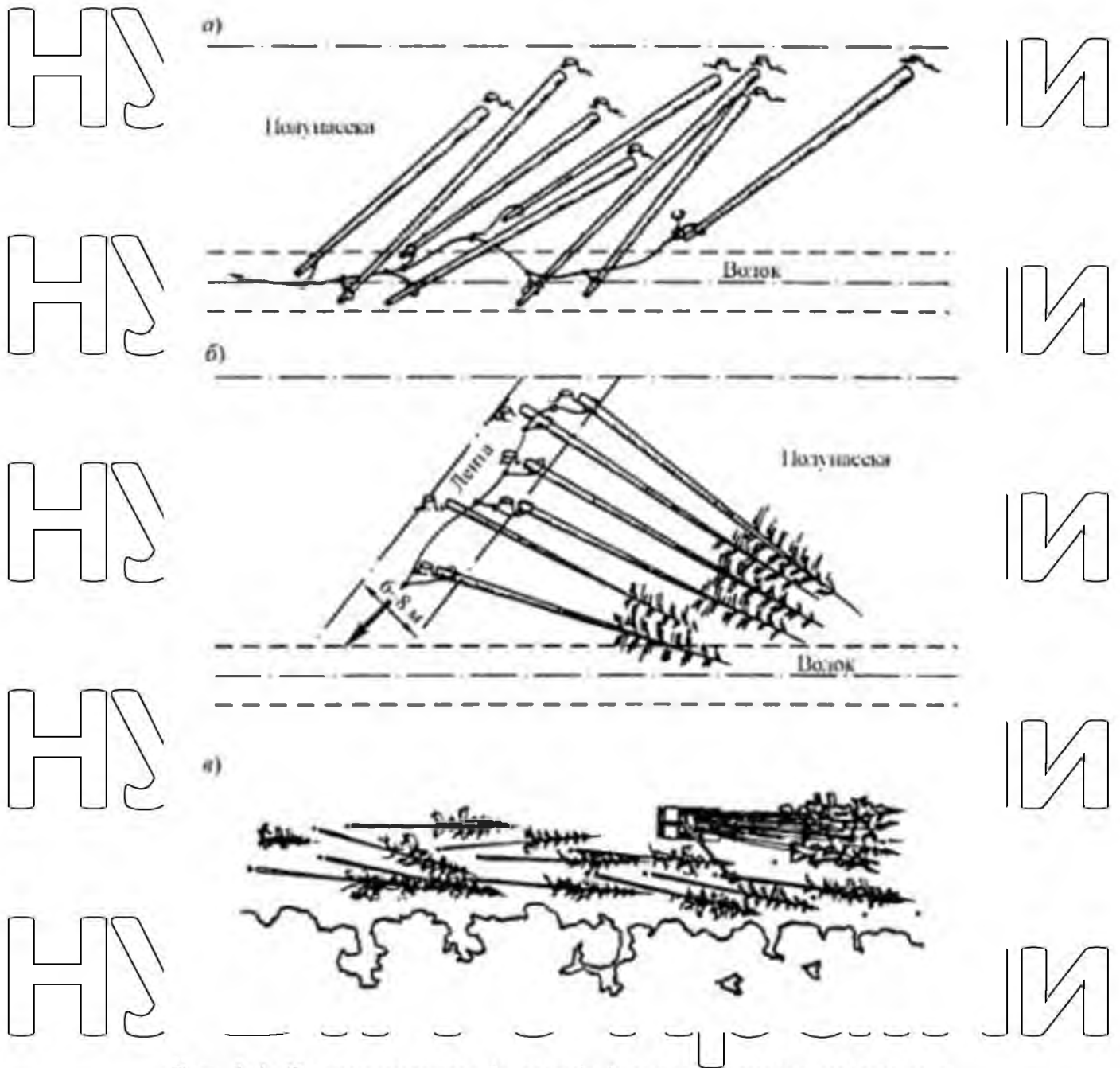


Рис. 1.4. Схеми чокеровки хлестів і дерев і формування пачки

Формування пачки гідроманіпулятором не складне і полягає в укладанні комлей або вершин дерев в коник в необхідній кількості.

Укладання комлей (вершин) дерев в коник можлива підтягуванням і перекиданням. При укладанні перекиданням комлей дерев через важіль коника витрачається менше прийомів і менше зусиль у порівнянні з підтягуванням. Однак в цьому випадку потрібен точний вибір позиції

трактора у дерева. При укладанні комлей дерев в коник підтягуванням представляється можливим збирати дерева з більшої площі і вирівнювати їх комлею шляхом поздовжнього переміщення. Для трелювання за вершини до початку формування пачки дерева повинні бути очищені від сучків, а вершина обрізана на діаметрі 0,08-0,12 м.

При використанні на трелюванні деревини тракторів з навісним обладнанням для захоплення пачок останні формуються валково-пакетувальною машиною. В цьому випадку при необхідності проводиться вирівнювання комлей дерев і навантаження пачки на трактор. Для руху з вантажем трелювальник необхідно привести в транспортне положення, яке повинно забезпечувати, насамперед, вільне переміщення трактора щодо пачки в вертикальній і горизонтальній площині при маневруванні в процесі руху.

Всі трактори для безчокерного трелювання мають меншу прохідність в порівнянні з базовими тракторами, оснащеними чокерним трелювальним обладнанням, і не можуть скинути пачку на важкопрохідній ділянці волока, а потім підтягнути її лебідкою. Ці обставини необхідно враховувати при підборі лісосмуг для безчокерних трелювальних тракторів, прокладці волоків і пристрої навантажувальних пунктів. При неможливості уникнути важкопрохідних місць на лісосмугах до складу майстерень ділянок на базі тракторів для безчокерного трелювання слід включати трактори з чокерним обладнанням.

Розвантаження трактора на вантажному пункті не складне і проводиться шляхом виїзду трактора з-під пачки після того, як розкриті затискні важелі або кліщовий захват, а у тракторів з чокерним обладнанням - рохгальмування барабану лебідки.

НУБІП України

1.4. Лебідки для приводу канатних установок і їх характеристика

Для приводу в дію канатних трелювальних і трелювальних-транспортних установок застосовуються несамохідні й самохідні одно-, дво- і багатобарабанных лебідки з кількістю барабанів від 3 до 5. Одно- і двобарабанны лебідки застосовуються для приводу в дію підвісних трелювальних і трелювальних-транспортних установок і розраховані на переміщення деревини на великі відстані. Крім того, однобарабанны лебідки використовуються для монтажу канатних установок. Багатобарабанны лебідки служать для приводу в дію однопрогонових канатних трелювальних і трелювальних-навантажувальних установок. При необхідності їх можна застосувати на лісосічних роботах для штабелювання деревини. Базою для самохідних лебідок служать трактори, а іноді і автомобілі.

Сучасні лебідки для приводу канатних установок мають високі тягово-швидкісні характеристики, для чого вони забезпечені коробками передач. Для полегшення управління барабанами лебідки оснащені пневматичними фрикційними муфтами зчеплення і пневматичними гальмами. Для плавного пригальмовування барабанів застосовані диференціальні золотники.

Основними параметрами лебідок є кількість барабанів, канатомісткість і тягове зусилля барабанів, швидкість руху канатів. Число барабанів на лебідці залежить від кількості виконуваних нею операцій. На виконання кожної операції, як правило, потрібно два барабана, один з яких робочий (переміщує вантаж і т. П.), а другий служить для подачі причіпного обладнання до місця захоплення вантажу (поворотний барабан).

Лебідка складається з наступних основних вузлів двигуна, барабанів, механізму передачі від двигуна до барабанів, обладнання для управління барабанами лебідки, кабіни і рами. На деяких лебідках встановлюється генератор підвищеної частоти струму для живлення енергією електропила і освітлювальних приладів.

Двигун несамохідної лебідки дизельний, а іноді бензиновий, з повітряним або водяним охолодженням. Для полегшення запуску в холодну пору року на двигуні може встановлюватися передпусковий підігрівач.

Залежно від тягового зусилля вантажними барабанами потужність двигуна може бути від 37 до 132 кВт і більше. Для забезпечення можливості перемикання передач двигун забезпечений муфтою зчеплення. У самохідних лебідках для приводу барабанів зазвичай використовується двигун машини, на якій встановлена лебідка.

Барабани за призначенням поділяються на основні вантажні і поворотні, і на допоміжні вантажні і поворотні. Основні барабани служать для трелювання деревини, а допоміжні для навантаження зворотні барабани. призначені для подачі вантажного каната до мієня зачипки вантажу. Включення і вимикання барабанів пневматична. Для цього кожен барабан забезпечений пневмокамерний фрикційної циліндричної муфтою зчеплення.

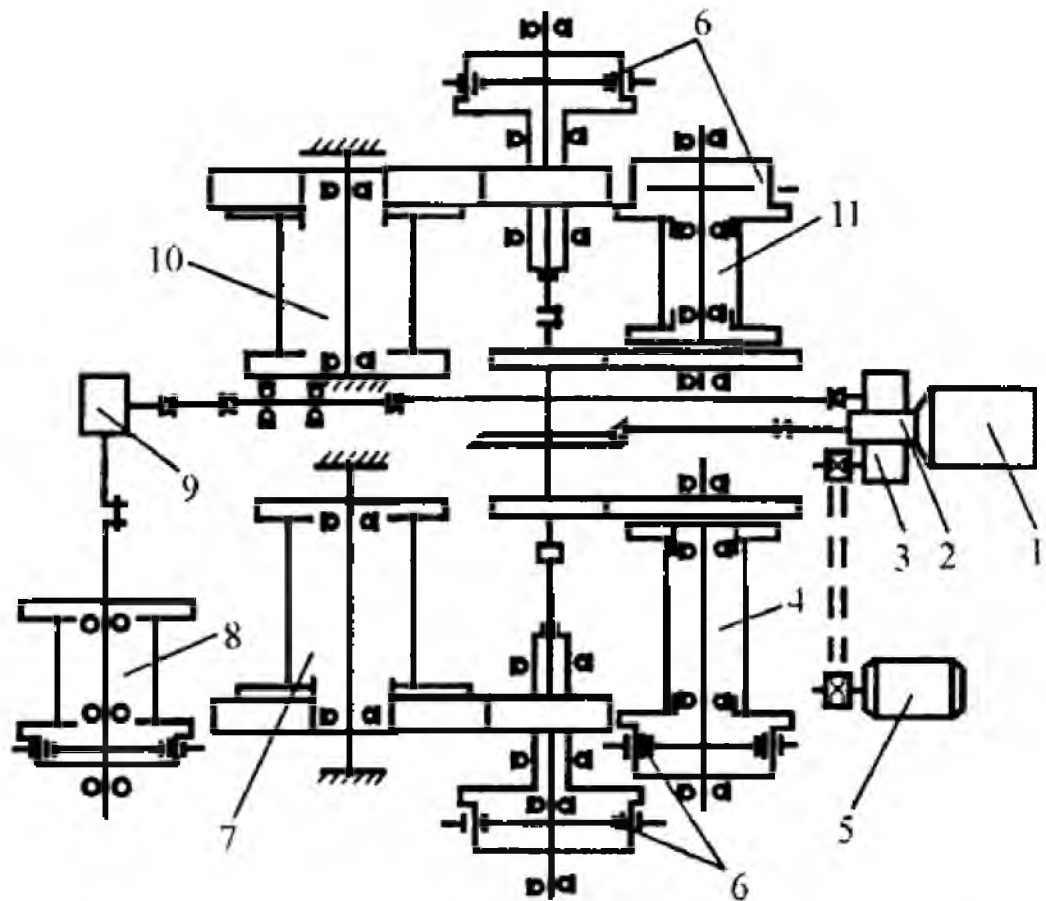


Рис. 15 Кінематична схема несамохідної лебідки ЛД-8. 1 - двигун; 2 - коробка передач; 3 - коробка відбору потужності; 4 - основний поворотний барабан; 5 - генератор струму; 6 - пневмокамерні муфти; 7 - основний вантажний барабан; 8 - допсміжний приставний барабан; 9 - редуктор; 10 - вантажний допсміжний барабан; 11 - поворотний допсміжний барабан

Вантажні барабани, як правило, забезпечені стрічковими гальмами (на однобарабанних лебідках можуть бути колодкові гальма) постійного включення.

Робота фрикційних муфт і гальм вантажних барабанів, обладнаних пневмоприводом, блокується. Пневмосистема виконана так, що при включенні фрикційної муфти стислий повітря одночасно подається і в гальмівну камеру, і барабан виявляється розгальмованою. Пневматичний

привід дозволяє застосувати дистанційне керування барабанами лебідки. Для плавного і надійного гальмування основний вантажний (трельовальний) барабан забезпечений дубльованим пневмомеханічним приводом гальма.

Зворотні барабани мають притискні колодки, які постійно злегка пригальмовують барабан. Завдяки цьому при змотуванні каната з барабана не відбувається мимовільного скидання витків каната. В окремих конструкціях лебідок поворотні барабани мають такі ж гальма, як і вантажні.

Механізм передачі крутного моменту від двигуна до барабанів зазвичай складається з коробки зміни передач (КП) і редуктора. КПП - чотири- або п'ятишвидкісна, що дозволяє регулювати швидкість руху канатів в широких межах. Редуктор - циліндричний або конічний, закритого типу, при необхідності реверсивний.

В механізм передачі може входити ще коробка відбору потужності з одним або двома вихідними валами. Її встановлюють, коли лебідка оснащена п'ятим (допоміжним) барабаном і генератором струму, для приводу в дію цих механізмів.

Устаткування для керування барабанами лебідки пневматична і складається з компресора, балонів для стисненого повітря, золотників, пневмокамер, кранів і пневмоприводів. Привід компресора здійснюється від двигуна лебідки. Для запобігання набрякання піднятого вантажу в момент перемикання барабанів на трубопроводах до пневмокамери встановлені дроселі зі зворотним клапаном.

Кабіна лебідки обладнана вентиляцією та опаленням. У середині кабіни встановлений пульти для управління всіма механізмами лебідки. Переднє скло кабіни захищено запобіжної металевими ґратами. В окремих марках лебідок встановлюється знімна кабіна.

Рама лебідки - зварна і у несамохідних лебідок виконана в формі полозів для зручності переміщення.

За бажанням споживача багатобарабанні лебідки можуть поставлятися з генераторами підвищеної частоти струму. Завичай на лебідках встановлюються самовозбуджаючі синхронні генератори. Розподільний щит монтується в спеціальному ящику окремо від лебідки, так як від вібрації прилади можуть вийти з ладу. Для від'єднання приводного шків генератора від двигуна при падінні числа обертів під час пікових перевозок лебідки застосована обгонна муфта. Завдяки цьому ротор генератора за рахунок кінетичної енергії маховика може обертатися кілька секунд з колишньою швидкістю, яких достатньо, щоб регулятор відновив число обертів двигуна до номінального.

На лісоєсних роботах в країнах знаходять застосування в основному три марки лебідок: ЛЛ-8, ЛЛ-12А і ЛЛ-26Б.

Лебідка ЛЛ-8 призначена для трельовання і навантаження деревини на лісовозний транспорт і може застосовуватися при розвантаженні, штабелюванні і скатці в воду деревини. Лебідка - чотиризахідна. На замовлення споживача вона може випускатися в п'ятибарабанном виконанні і з генератором підвищеної частоти струму.

Лебідка ЛЛ-12А - двобарабанна призначена для приводу підвісних канатних трельовальних установок і може бути використана на навантаженні і вивантаженні деревини. Лебідка на вимогу споживача може бути оснащена пристроєм для самозатаскування на гірський схил і канатоведучим шківом. Особливістю конструкції лебідки ЛЛ-12А є наявність газового сповільнювача, який представляє собою спеціальну дросельну заслінку на вихлопному патрубку двигуна. Сповільнювач дозволяє підтримувати постійною швидкість спуску каретки з вантажем на підвісних канатних установках, працюючих на спуск. При закритті заслінкою вихлопного патрубка двигун перетворюється в компресор, який поглинає енергію, що виникає при спуску деревини, і таким чином забезпечує плавне гальмування.

Лебідка ДД-26Б - однобарабанна і призначена для приводу канатних установок, які виробляють спуск деревини з гір. Для самозаскування на верхню схилу лебідка обладнана спеціальним пристроєм. На барабані лебідки встановлений потужний колодкового гальма, так як швидкість руху каретки може досягати до 10 м / с.

1.5. Інші види техніки, що застосовуються при трелюванні

Мін-техніка. Дедалі ширше використовується на малооб'ємній лісозаготівлі. До цього класу можна віднести міні-трактори, гусеничні міні-трелювальники та мотоблоки, які агрегатуються з лебідками, гужовими візками, трелювальними конусами і арками.

Фірма «Veisa» (Фінляндія) на базі власних серійних снігоходів випускає гусеничні всюдиходи «TERRI 30» (рисунок 1.6). В якості силовою передачі на всюдиході встановлюється двошвидкісний редуктор із автоматом зміни швидкостей. Керування машиною досить просте – за допомогою керма і рукоятки акселератора. Рівномірне розподілення ваги машини (разом з водієм – біля 300 кг/м²) дозволяє успішно долати болота і трясовини. Максимальна швидкість машини – 40 км/год. Стандартне обладнання містить канатну лебідку з тяговим зусиллям 15 кН.



рисунок 1.6

Рис. 1.7 – Всюдихід «TERRI 30»

Всюдиходи «TERRI 30» широко задіяні в лісовому господарстві на треповання деревини, при перевезення салом'яців чи внесенні добрив, тощо.

Також ці машини використовуються при перевірці електросилових і телефонних ліній передач, на пожежних станціях, в аеропортах та аеродромах, при рятувальних операціях в труднодоступній місцевості, для прокладання гірськолижних маршрутів чи розрівнювання спаломних спусків.

Ще один представник «TERRI» – це міні-трактор «2040 D» фінської фірми «Nordtrac» (рисунок 1.4). Машина виконана у вигляді двомодульного шасі, яке обладнане чотиритактним дизельним двигуном потужністю 21 кВт.



Рис. 1.4 – Міні-трактор «TERRI 2040 D».

1 – робоче місце (пост керування) оператора; 2 – кабіна; 3 – причіпний модуль; 4 – гідронциліндри повороту машини; 5 – гідробак; 6 – гусеничні рушії; 7 – автоматичний клинопасовий варіатор; 8 – лебідка; 9 – двигун.

Фірмою «Martimex» (Словачія) успішно випускається універсальна самохідна машина «MPN-3,7» (рисунк 1.8), яка складається з гусеничного шасі, карбюраторного чотиритактного двигуна із повітряним охолодженням, механічного приводу гусеничних стрічок, лебідки і обертового коника.

Оператор керує машиною за допомогою дишла, яке обладнане важелями акселератора і гальм. Поворот машини здійснюється шляхом відхилення дишла в необхідний бік. При цьому внутрішній рушій вимикається, а поворот здійснює зовнішня гусенична стрічка. За рахунок встановлення реверсивної тришвидкісної коробки передач, швидкість машини «MPN-3,7» можна змінювати в діапазоні 2,2...5,4 км/год (під час руху вперед) або 1,8...4,5 км/год (рух назад). Рушання чи зупинка машини (за допомогою вліценірного зчеплення) здійснюється важелем акселератора. Максимальне тягове зусилля становить 5,6 кН.



Рис. 1.8 – Універсальна самохідна машина «MPN-3,7»

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЛЕБІДКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

2.1. Розробка конструкції та вихідні дані для розрахунку лебідки

Для транспортування сільськогосподарських вантажів та деяких видів техніки запропоновано конструкцію лебідки, яка складається з приводного двигуна, редуктора та приводного барабана, на який намотується тяговий канат (рис.2.1). До тягового канату за допомогою захватного пристрою прикріплюється сільськогосподарський вантаж (технічна деревина для обробки, контейнери на візках, сільськогосподарська техніка тощо) і підтягується лебідкою до необхідного місця для виконання технологічних операцій чи ремонту і обслуговування техніки.

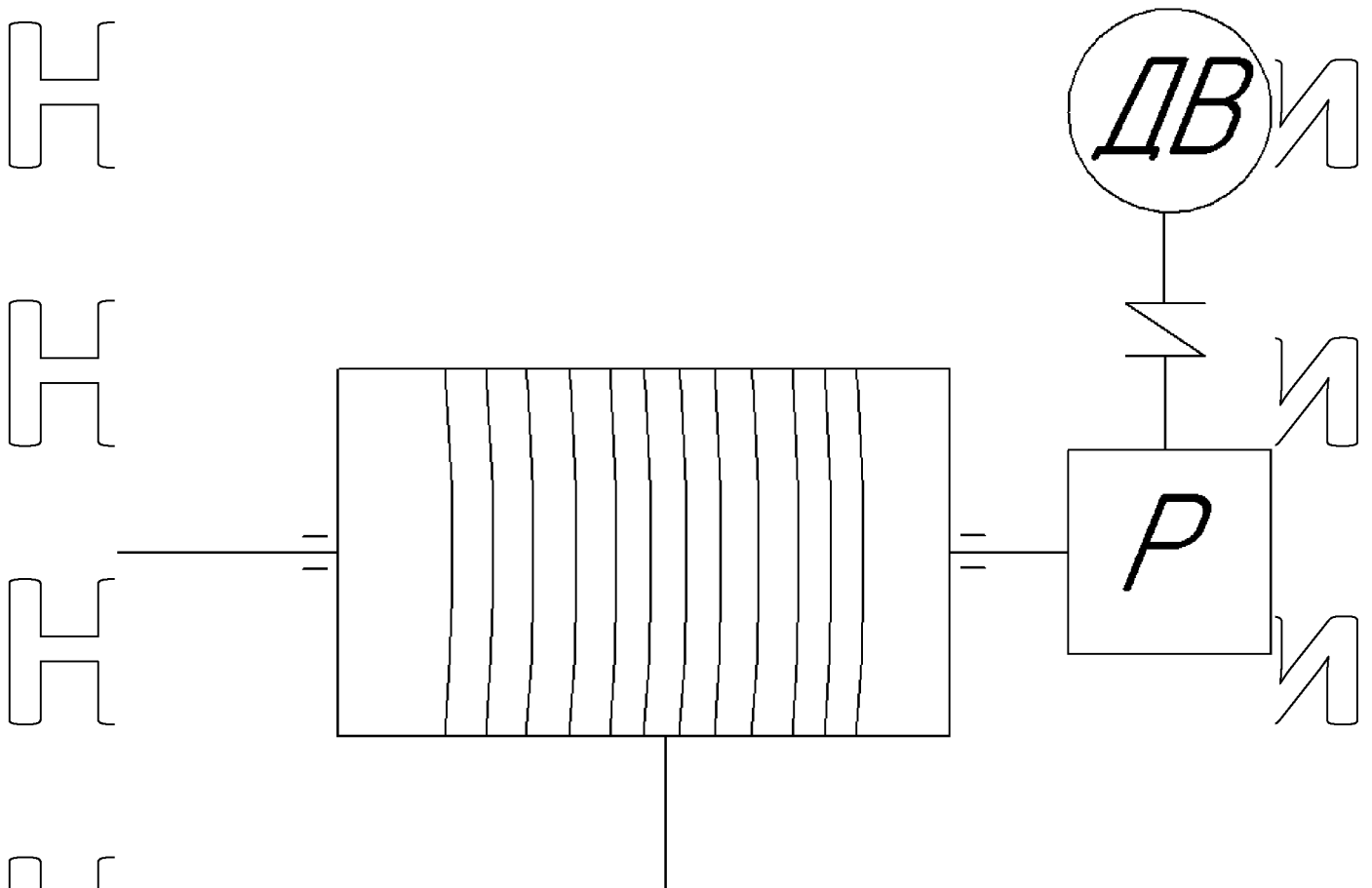


Рис. 2.1. Схема електролебідки для транспортування вантажів

НУБІП України
Максимальна вага сільськогосподарського вантажу, що транспортується –
10 кН;

Коефіцієнт опору переміщенню сільськогосподарського вантажу - 1,3... 1,5;

НУБІП України
Швидкість транспортування сільськогосподарського вантажу - 0,1 м/с.
Режим роботи тягової лебідки - легкий.

Послідовність розробки конструкції

тягової лебідки

НУБІП України
1. Визначення функціональних елементів тягової лебідки для переміщення сільськогосподарських вантажів:

– захватний пристрій (однорогий гак, щелепний захват, кільцевий захват, ваку-умний захват, електромагнітний захват, грейферний механізм тощо);

НУБІП України
– тяговий орган (металевий канат, синтетичний канат, круглоланковий ланцюг, плосколанковий ланцюг тощо);

– пристрій для зміни зусилля в тяговому органі (одинарний силовий поліспаст, здвоєний силовий поліспаст, швидкісний поліспаст);

НУБІП України
– пристрій для перетворення поступального руху тягового органу в обертальний рух (тягово-барабанний механізм);

– передавальний пристрій для зміни кутової швидкості приводного вала (відкри- та циліндрична зубчаста передача, циліндричний редуктор, конічний редуктор, черв'ячний редуктор, планетарний редуктор);

НУБІП України
– пристрій для поглинання кінетичної енергії руху ланок механізму та вантажу (кодолково-барабанне гальмо з електромагнітним чи гідравлічним щовхачем, стрічкове гальмо, дискове гальмо тощо);

– пристрій для захисту механізмів від перевантажень (пружні муфти різних кон- струкцій, гідравлічні муфти, торсіонні вали тощо);

НУБІП України
– джерело енергії руху (електродвигуни змінного та постійного струму різних конструкцій, гідро двигуни тощо);

НУБІП України
– пристрій для регулювання частоти обертання вихідного вала джерела руху (на-стотний перетворювач, регулятор напруги, вмикання опорів в коло ротора дви-гуна, об'ємне та дросельне регулювання тощо).

2. Побудова морфологічної таблиці можливих технічних рішень тягової

лебідки для переміщення сільськогосподарських вантажів (табл.2.1).

Таблиця 2.1. Морфологічна таблиця технічних рішень тягової лебідки

№	Захватний пристрій	Тяговий орган	Зменшення зусилля в тяговому органі	Механізм перетворення поступального руху в обертальний	Джерело енергії руху	Пристрій для зміни характеристик джерела руху
1	Гак однорогий	Сталевий канат	Подіспаст силовий	Канатно-барабанний механізм	Гідродвигун	Циліндричний редуктор

3.Розробка структурної схеми тягової лебідки для переміщення сільськогосподарських вантажів. Вибравши по одному елементу з кожного стовбця (табл.2.1), отримаємо один із можливих варіантів тягової лебідки для переміщення сільськогосподарських вантажів. При виборі елементів необхідно звертати увагу на те, щоб елементи були сумісними між собою.

НУБІП України

2.2. Розрахунок і вибір канату тягової лебідки

Максимальна статичне зусилля S_{max} в тяговому канаті визначимо за наступною залежністю

$$S_{max} = Q / a \cdot \eta_{пол.} \cdot m, \quad (2.1)$$

де Q - номінальна вантажопідйомність тягової лебідки, кН;

a - кратність поліспада тягової лебідки;

$\eta_{пол.}$ - ККД поліспада тягової лебідки;
 m - число гілок канату, що намотуваних на приводний барабан тягової лебідки.

Оскільки в запропонованій конструкції лебідки не передбачена наявність поліспадної системи, то розрахунок тягового зусилля проводимо без наявності поліспаду, а число гілок, що намотуються на барабан дорівнює одиниці. Виходячи з прийнятого припущення в конструкції тягової лебідки, знаходимо, що $S_{max} = 14$ кН.

Розрахуємо розривне зусилля в канаті за такою залежністю

$$S_{разр.} \geq S_{max} \cdot k = 14 \cdot 5 = 70 \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де k - коефіцієнт запасу міцності для вантажних канатів лебідок з машинним приводом приймається 5,0 для легкого режиму роботи.

За визначеним розрахунковим зусиллям $S_{разр.}$ Вибірємо канат з розрахунковим межею міцності дротів при розтягуванні 1400 Н/мм^2 .

Приймаємо канат типу ЛКР 13-1370. (ГОСТ 2688-55),

діаметром $d_k = 13$ мм;

для вибраного канату розривне зусилля становить 71,05 кН.

2.3. Розрахунок діаметру барабана тягової лебідки

Розрахуємо діаметр барабана за такою залежністю

$$D_6 = d_k \cdot (e - 1) = 13 \cdot (20 - 1) = 247 \text{ мм} \approx 250 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

де d_k - діаметр тягового канату лебідки, мм;

e - коефіцієнт, що залежить від виду підйомної машини, типу приводного механізму та режиму його роботи, який встановлюється нормами Держтехнагляду і дорівнює $e = 20$ для лебідок підйому вантажу з машинним приводом, що працюють в легкому режимі

2.4. Розрахунок і вибір двигуна тягової лебідки

Знайдемо необхідну статичну потужність гідро двигуна за такою залежністю

$$N_c = Q \cdot V_k / 102 \cdot \eta_m = 1400 \cdot 0,1 / 102 \cdot 0,72 = 140 / 73,44 = 1,9 \text{ кВт}, \quad (2.4)$$

де $\eta_m = 0,72$ - ККД приводного механізму тягової лебідки.

За знайденою необхідною потужністю підбираємо гідро двигун МГП 400, потужністю 3,0 кВт з наступними характеристиками

технические характеристики гидромоторов МГП

Параметр	МГП80	МГП100	МГП125	МГП160	МГП200	МГП250	МГП315	МГП400
Рабочий объем, см ³	80,5	100	125,7	159,7	200	250	314,9	400
Частота вращения, об/мин								
Номинальная	350	270	212	172	138	107	83	70
Максимальная	810	650	512	400	325	260	210	162
Минимальная	10	10	10	10	10	6	6	6
Давление на выходе, МПа								
Номинальное	21							
Максимальное	25							
КПД общий	0,78							
Полезная номинальная мощность, кВт	7,25			6,0		5,1		3,6
Крутящий момент, номинальный, нм	196	250	315	335	400	450	560	570
Номинальная величина потока, л/мин	30							
Максимальный перепад давления, МПа	21	21	21	21	17,5	15,5	14	12
Масса, кг	9,8	10	10,3	10,7	11,1	11,6	12,3	13,6

НУБІП України

2.5. Розрахунок і вибір редуктора тягової лебідки

Розрахуємо необхідну частоту обертання приводного барабана тягової лебідки за такою формулою

$$n_6 = V_k / \pi \cdot D_6 = 60 \cdot 0,1 / 3,14 \cdot 0,25 = 7,64 \text{ об/хв} \quad (2.5)$$

Знайдемо передавальне число приводного механізму лебідки

$$i = n / n_6 = 70 / 7,64 = 9,16. \quad (2.6)$$

Визначимо необхідну потужність на валу приводного барабана тягової лебідки за наступною формулою

$$P_6 = S_{max} \cdot V_k = 14 \cdot 0,1 = 1,4 \text{ кВт}. \quad (2.7)$$

Обертальний момент на валу приводного барабана тягової лебідки за наступною формулою

$$M_6 = P_6 \cdot 30 / \pi \cdot n_6 = 1,4 \cdot 10^3 \cdot 30 / 3,14 \cdot 7,64 = 1750,8 \text{ Н·м} \quad (2.8)$$

Вибірємо редуктор Ч-200 з фактичним передаточним числом $i_f = 10$, з номінальним обертальним моментом на вихідному валу 1600...3100 Н·м (при роботі редуктора в режимі тривалості включень ПВ = 25%).

НУБІП України

НУБІП України

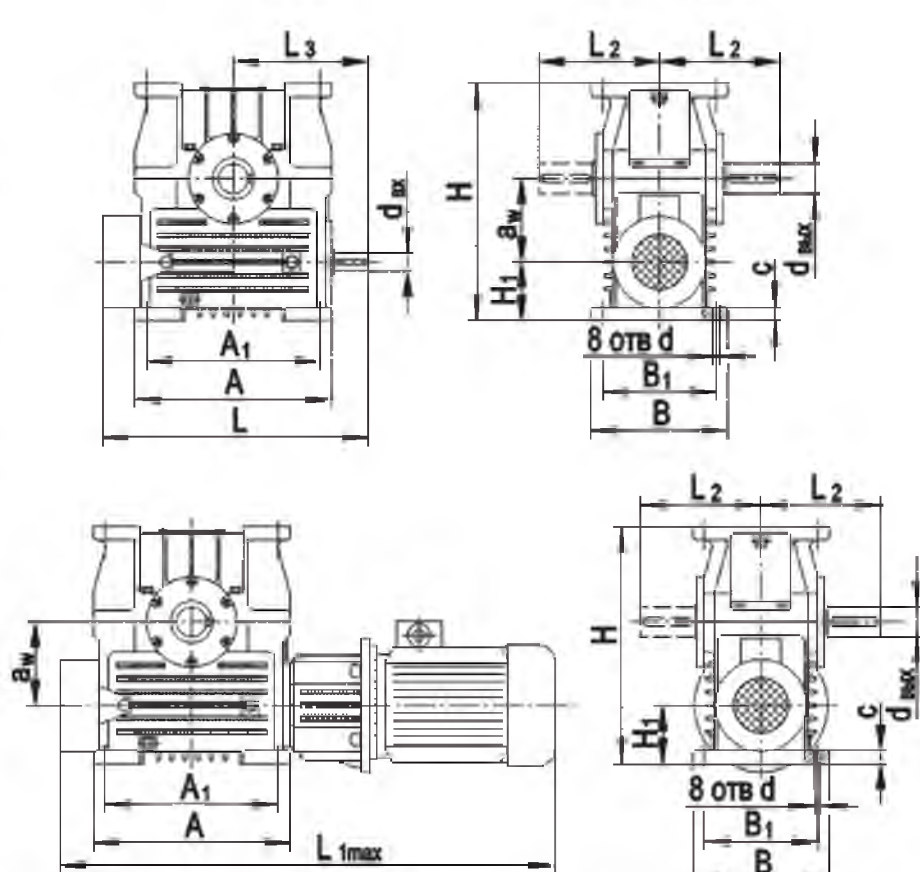


Рис. 2.2. Черв'ячний редуктор Ч-200 з приєднанням до двигуна

2.6. Розрахунок і перевірка на міцність стінок приводного барабана тягової лебідки

Розрахуємо робочу довжину приводного барабана тягової лебідки за наступною формулою

$$L_b = \frac{L_k t}{\pi n t (m d + D_c) \phi} = \frac{100000 \cdot 13}{3,14 \cdot 4 (4 \cdot 13 + 250) \cdot 0,95} = \frac{1300000}{3603,464} = 360,8 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

Виходячи з отриманого результату приймаємо довжину тягового барабана лебідки $L_b = 400 \text{ мм}$.

де L_k - довжина канату, що намотується на барабан, приймаємо $L_k = 100 \text{ м}$;

т - крок витка навивки канату на барабані приймаємо рівним
діаметру канату $t = 13$ мм;

m - число шарів навивки канату на барабан, приймаємо $m = 4$;

ϕ - коефіцієнт нещільності навивки для гладких барабанів дорівнює

згідно діючих стандартів $\phi = 0,9 - 0,95$;

D_6 - діаметр приводного барабана лебідки, мм

Перевірку стінок барабана проводимо тільки за напруженням

стиснення, оскільки довжина барабану задовольняє умові $L_6 < 3 \cdot D_6$;

$400 < 3 \cdot 350$;
 $900 < 750$.

Виконаємо перевірку стінок приводного барабану за напруженням
стиснення.

Для приводного барабану виготовленого з чавуну марки СЧ15 з
допустимим напруженням стиснення $[\sigma_{ст}] = 110$ МПа.

При багатошаровій навивці канату на барабан допустиме напруження
стиснення в стінці становить

$$[\sigma_{сж}]_{\text{мног.}} = [\sigma_{сж}] / A = 110 / 1,41 = 78 \text{ МПа,}$$

де A - коефіцієнт, що враховує підвищення напруження стиснення в
стінці барабана в залежності від числа шарів m навивки канату на барабан.

Згідно діючих стандартів при $m = 4$, приймаємо $A = 1,41$.

Напруження, що виникає в стінці барабана повинно відповідати умові
 $\sigma_{сж} < [\sigma_{сж}]_{\text{мног.}}$.

Розрахуємо товщину стінки приводного барабану за такою залежністю

$$\delta = S_{\max} / t \cdot [\sigma_{\text{сж}}]_{\text{мног}} = 14 / 1,3 \cdot 7,8 = 1,34 \text{ см} \approx 13 \text{ мм}. \quad (2.10)$$

Висоту реборд приводного барабану приймаємо у відповідності з діючими стандартами

$$h_p = m \cdot d_k + 2d_k = 4 \cdot 13 + 2 \cdot 13 = 70 + 35 = 78 \text{ мм}. \quad (2.11)$$

Товщину реборд приймаємо у відповідності з діючими стандартами за рекомендацією не менше 10 ÷ 12 мм.

2.7. Розрахунок і вибір муфти приводного механізму лебідки

Номінальний момент на валу двигуна визначається за наступною залежністю

$$M_{\text{ном}} = 975 \cdot N_d / n = 975 \cdot 3,6 / 70 = 50,1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 501 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.12)$$

де N_d - потужність приводного двигуна, кВт.

Розрахунковий момент для вибору муфти у відповідності з діючими стандартами визначається такою залежністю

$$M_M = M_{\text{ном}} \cdot k_1 \cdot k_2 = 501 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 720,72 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.13)$$

де k_1 – коефіцієнт, який враховує ступінь відповідальності механізму у відповідності з діючими стандартами приймаємо

$$k_1 = 1,3;$$

k_2 - коефіцієнт, що залежить від режиму роботи приводного механізму; для легкого режиму роботи у відповідності з діючими стандартами приймаємо

$$k_2 = 1,1.$$

Вибраємо пружну втулково-пальцеву муфту з гальмівним шківом МУВП-9 D-300, для якої допускається крутний момент $M_{кр} = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$; з діаметром шківа $D = 300 \text{ мм}$ та діаметром під вал $d = 70 \text{ мм}$.

2.8. Розрахунок і вибір гальма тягової лебідки

Гальмівний момент у відповідності з діючими стандартами

Визначається за формулою

$$M_m = k \cdot M_c^m = 1,5 \cdot 7,77 = 11,655 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 116,55 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.14)$$

де k - коефіцієнт запасу міцності, який у відповідності з діючими стандартами для легкого режиму приймається $k = 1,5$.

Розрахуємо статичний момент при гальмуванні тягової лебідки

$$M_c^m = S_{\max} \cdot D_0 \cdot \eta_m / 2 \cdot i_p = 14 \cdot 0,25 \cdot 0,72 \cdot 2 \cdot 10 = 0,126 \text{ кН} \cdot \text{м} = 126 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.15)$$

У відповідності з отриманим гальмівним моментом вибираємо гальмо

ТКГ-300 з гальмівним моментом $800 \text{ Н} \cdot \text{м}$ та діаметром гальмівного шківа $D_t = 300 \text{ мм}$.

РОЗДІЛ 3.

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЯГОВОЇ ЛЕБІДКИ

3.1. Визначення параметрів тягової лебідки

1. За заданою вантажопідйомністю лебідки обраємо:

– тип поліспасти (одинарний чи здвоєний);

– кратність поліспасти (передавальне число).

Кратність поліспасти обирається в залежності від тягового зусилля лебідки за рекомендаціями, наведеними в таблиці 3.1

Таблиця 3.1. Рекомендації з вибору кратності поліспасти

Вантажопідйомність Q, T	$Q \leq 6,3$	$6,3 \leq Q \leq 12,5$	$12,5 \leq Q \leq 30$	$30 \leq Q \leq 50$
Передавальне число	2	2...3	3...4	4...5

Вибираємо:

Тип поліспасти - одинарний;

Передавальне число - 2.

2. Для обраного поліспасти визначити к.к.д.:

– для одинарних $\eta_n = \frac{1 - \eta^m}{(1 - \eta)m}$;

– для здвоєних $\eta_n = \frac{1 - \eta^u}{(1 - \eta)u}$,

де m – кратність поліспасти (кількість гілок поліспасти, на яких висить вантаж);
 $u = m/2$ – передавальне число здвоєного поліспасти; η – к.к.д. блока, яке для блоків на підшипниках ковзання дорівнює 0,95, а на підшипниках кочення 0,98.

$$\text{ККД} = (1 - 0,98^2) / (1 - 0,98) / 2 = 0,99$$

3. Визначити максимальне зусилля в канаті, що намотується на барабан

– одинарний поліспаст $F_k = \frac{Q}{m \cdot \eta_n}$;

$$F_k = 2,5 / 2 / 0,99 = 1,26 \text{ Т}$$

4. За визначеним максимальним зусиллям в канаті знайти розрахункове зусилля

$$F_p = k F_k,$$

де k – коефіцієнт запасу міцності каната, який вибирають залежно від призначення машини і групи режиму роботи ($k = 5 \dots 6$ для кранів, $k = 15$ для пасажирських ліфтів при $v = 4$ м/с).

$$F_p = 5 \times 1,26 = 6,3 \text{ Т} = 61\,782 \text{ Н}$$

5. За розрахунковим зусиллям обрати тип каната і його діаметр d за допустимим розривним зусиллям для канатів даного типу, матеріалу дротів

$$F_p \leq [F].$$

Відповідно до ГОСТ 2688-80 вибираємо канат сталевий діаметром 110 мм.

Приклад умовного позначення каната діаметром 110 мм, вантажного призначення, із дроту без покриття, вищої марки, лівої одnobічної завивки, не розкручується, маркувальної групи 1570 МПа:

Канат 11-2-6-л-0-1-1570 ГОСТ 2688-80

$$F_p = 61\,782 \text{ Н} \leq 68\,800 \text{ Н}$$

6. За вибраним діаметром каната d обирають:

– діаметр блока (барабана) $D \geq e d$

$e = 16 \dots 35$ для кранів;

$e = 41 \dots 46$ для підйомників;

$$\text{Діаметр блока} = 500 \geq 41 \times 11 = 451 \text{ мм}$$

– число витків нарізаної частини барабана для одинарного поліспасти

$$z = \frac{H m}{\pi D} + z_3 + z_k,$$

де H – висота підйому вантажу;

$z_3 = 1,5 \dots 2$ – число запасних витків;

$z_k = 2 \dots 3$ – число витків для кріплення каната;

$$\text{Число витків нарізаної частини барабана} = 40 \times 2 / 3,14 / 0,5 + 2 + 2 = 50$$

довжина барабана

$$L_b = z_k \cdot p, \quad p = 1,1d;$$

Довжина барабана = $55 \times 1,1 \times 11 = 666$ мм.

Результати розрахунків зводимо в табл.3.2

Таблиця 3.2. Результати розрахунків параметрів тягової лебідки

Визначені параметри	Од. виміру	Значення
Тип поліспасти		одинарний
Передавальне число		20
ККД		0,99
Максимальне зусилля	Т	1,26
Розрахункове зусилля	Т	6,3
Тип каната		Канат 11-з-6-п-о-н-1570 ГОСТ 2688-80
Діаметр каната	мм	11
Діаметр блока	мм	500
Число витків на різаній частині барабана	шт.	55
Довжина барабана	мм	666

3.2. Побудова схеми тягової лебідки

1. Визначимо функціональні елементи тягової лебідки:

– захватний пристрій (однорогий гак, щелепний захват, кільцевий захват, вакуумний захват, електромагнітний захват, рейферний механізм тощо);

– тяговий орган (металевий канат, синтетичний канат, круглоланцюговий ланцюг, плоскостанковий ланцюг тощо);

– пристрій для зміни зусилля в тяговому органі (одинарний силовий поліспасть, здвоєний силовий поліспасть, швидкісний поліспасть);

– пристрій для перетворення поступального руху тягового органу в обертальний рух (тягово-барабанний механізм);

– передавальний пристрій для зміни кутової швидкості приводного вала (відкрита циліндрична зубчаста передача, циліндричний редуктор, конічний редуктор, черв'ячний редуктор, планетарний редуктор);

– пристрій для поглинання кінетичної енергії руху ланок механізму та вантажу (келодково-барабанне гальмо з електромагнітним чи гідравлічним штовхачем, стрічкове гальмо, дискове гальмо тощо);

– пристрій для захисту механізмів від перевантажень (пружні муфти різних конструкцій, гідравлічні муфти, тормонні вали тощо);

– джерело енергії руху (електродвигуни змінного та постійного струму різних конструкцій, гідро двигуни тощо);

2. Розробляємо структурну схему тягової лебідки.

Вибравши по одному елементу з кожного стовпця табл.3.3,

отримаємо один із можливих варіантів тягової лебідки.

Таблиця 3.3. Можливий варіант тягової лебідки

Елемент	Можливий варіант тягової лебідки
Джерело енергії руху	Електродвигун змінного струму
Регулятор частоти обертання вихідного вала	Частотний перетворювач
Захист механізмів від перевантаження	Торсіонний вал
Поглинання енергії руху ланок системи	Колодкове гальмо з гідроштовхачем
Передавальний пристрій	Циліндричний редуктор
Пристрій для перетворення обертального руху в поступальний	Канатно-барабанний механізм
Пристрій для зміни зусилля в тяговому органі	Однорічний силловий поліспасть
Тяговий орган	Металевий канат
Захватний пристрій	Однорогий гак

НУБІП України

НУБІП України

3.3. Вибір приводного двигуна тягової лебідки

1. За заданою вантажопідйомністю Q і швидкістю підйому вантажу v визначити необхідну потужність на підйом вантажу

$$P = Q \cdot v.$$

$$P = 2,5 \times 2,1 = 5,25 \text{ кВт.}$$

2. Визначити коефіцієнт корисної дії передавальних і перетворюючих механізмів від приводного двигуна до вантажу

$$\eta_{п.м} = \eta_M \cdot \eta_{т.в} \cdot \eta_{г} \cdot \eta_{р} \cdot \eta_{б} \cdot \eta_{п},$$

де $\eta_{п.м} = \eta_M \cdot \eta_{т.в} \cdot \eta_{г} \cdot \eta_{р} \cdot \eta_{б} \cdot \eta_{п}$ к.к.д. відповідно пружної муфти, торсіонного валу, гальма, редуктора, барабана і поліспастиної системи.

$$\text{ККД} = 0,99 \times 0,99 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,99 = 0,91.$$

3. Визначити необхідну потужність двигуна

$$P_{дв} = P / \eta_{п.м}.$$

$$P_{дв} = 5,25 / 0,91 = 5,76 \text{ кВт}$$

3. Вибираємо двигун меншої потужності. Параметри двигуна зведені

табл.3.4.

Таблиця 3.4. Параметри електродвигуна

Характеристика электродвигателя	АИР112М4
Мощность	5,5 кВт
Частота вращения поля статора	1500 об/мин
Скорость вращения вала	1440 оборотов
Тип	Асинхронный
Напряжение питания	Трехфазное, 220/380, 380/660 вольт
Монтажное исполнение	Лапы/фланец/комбинированное
Номинальный ток	11,7 А
КПД	85,7 %
Соотношение моментов тока Мп/Мн	2,3
Соотношение момента силы Мтах/Мн	2,3
Отношение тока Іп/Ін	7,0
Момент инерции	0,0236 кг м ²
Диаметр вала	32 мм
Вес	50 кг
Передний/задний подшипник	6207 ZZ-C3/6206 ZZ-C3
Уровень шума	до 71 дБ
Крутящий момент, номинальный	36,731 Нм

Режим роботи - тривалий

7 рад/с

синхронна кутова швидкість - 157 рад/с

номінальне ковзання двигуна - 0,04

критичне ковзання двигуна - 0,175

номінальний момент на валу двигуна - 36,5 Нм

максимальний (критичний) момент на валу двигуна - 83,9 Нм.

На рис.3.1 наведено механічну характеристику електродвигуна побудовану за формулою Клосса

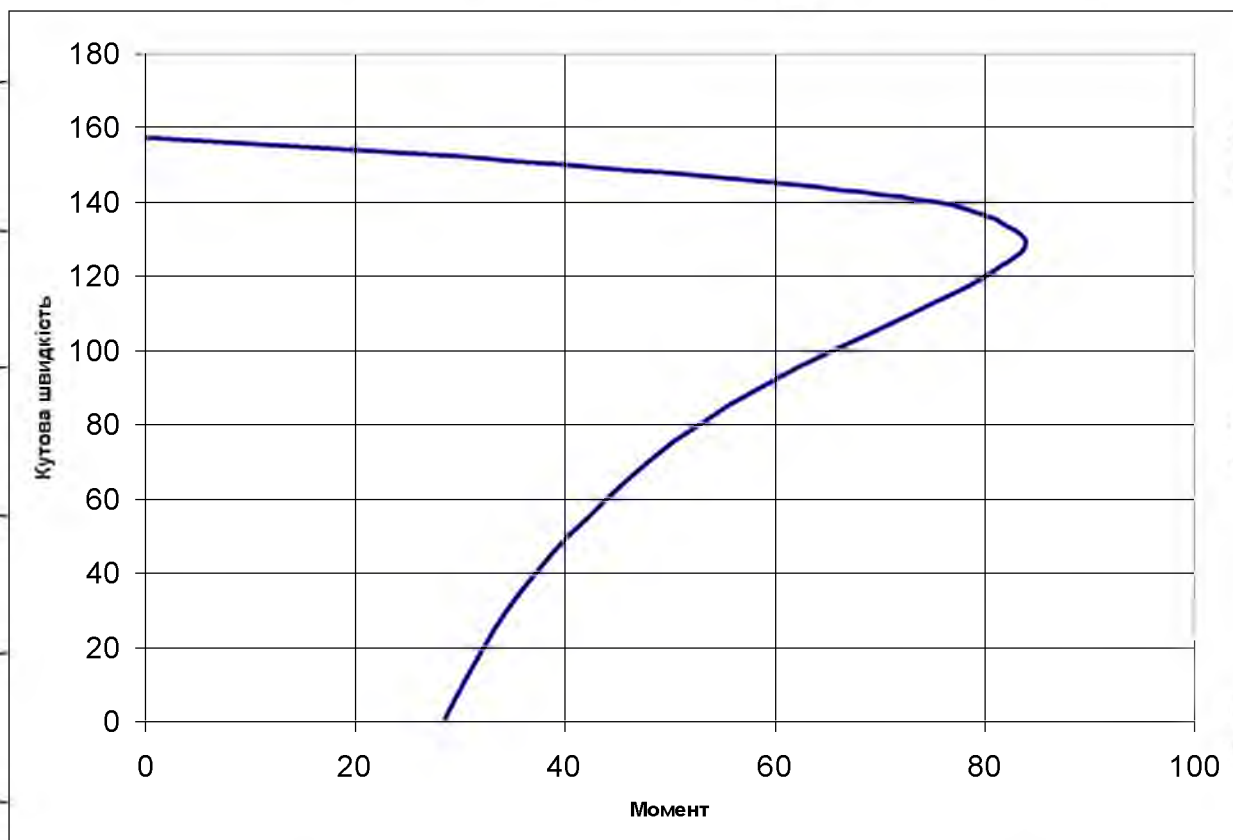


Рис.3.1.Механічна характеристика електродвигуна побудована за залежністю Клосса

3.4. Кінематичний розрахунок тягової лебідки

НУБІП України

1. Накреслимо кінематичну схему тягової лебідки, (рис.3.2)

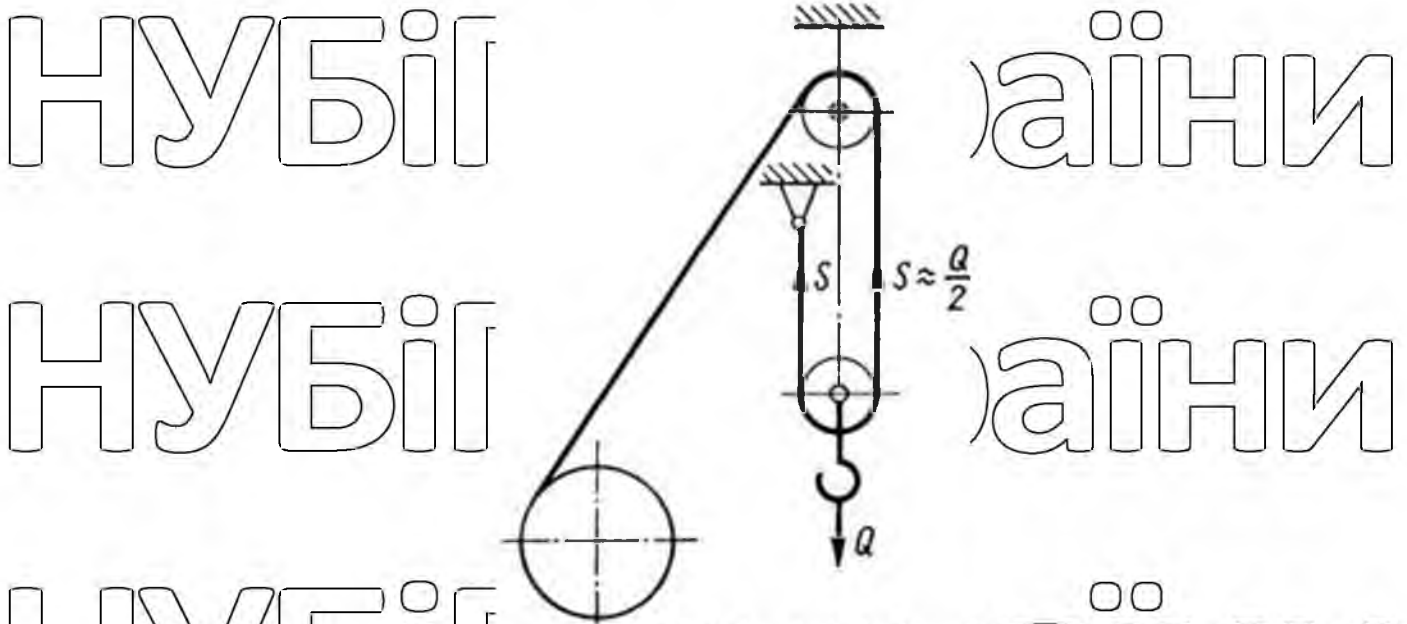


Рис.3.2. Кінематична схема тягової лебідки

2. Визначити лінійну швидкість каната, що намотується на барабан:

$$V_k = mV = 2,1 \times 2 = 4,1 \text{ м/с}$$

Тут v – швидкість підйому вантажу, m – кратність поліспаста.

3. Визначити кутову швидкість барабана

$$\omega_B = 2v_k / D,$$

де D – діаметр барабана.

$$\omega_B = 2 \times 4,1 \text{ м/с} / 0,5 \text{ м} = 20,5 \text{ 1/с}$$

4. Визначити передаточне число передавального механізму (редуктора)

$$u = \omega_{дв} / \omega_B,$$

де $\omega_{дв}$ – кутова швидкість вала двигуна.

$$u = 1440 / 20,5 = 70,2$$

НУБІП України

5. Визначити обертальний момент на вихідному валу редуктора

$$M_B = M_H \cdot u \cdot \eta_M \cdot \eta_P,$$

де M_H – номінальний момент на валу електродвигуна; η_M, η_P – к.к.д. відповідно пружної муфти та редуктора.

$$M_B = 36,5 \times 70,2 \times 0,97 \times 0,95 = 2361 \text{ Нм}$$

6. По вихідному моменту на валу редуктора M_B і передаточному числу u вибираємо редуктор.

Рекомендовано вибрати циліндричний редуктор (табл.).

Вибираємо триступінчатий циліндричний редуктор ВКН-480 М5

7. Вписати параметри вибраного редуктора:

– дійсне передаточне число редуктора u_p , яке може незначно відрізнятись від розрахованого передаточного числа u ;

– діаметри вхідного $d_{вх}$ та вихідного $d_{вих}$ валів редуктора.

Дійсне передаточне число редуктора - 63.

Діаметр вхідного вала - 30 мм

Діаметр вихідного вала - 40 мм

8. За діаметрами вала двигуна і вхідного вала редуктора, а також за значенням моменту, що передається, $M_M = k \cdot M_H$ обирають пружну муфту з гальмівним шківом, на який встановлюється колодкове нормально замкнене гальмо (табл.).

Вибираємо пружну муфту з діаметром гальмівного шківа 100 мм.

Момент інерції пружної муфти 0,0376 кг м²

10. Після вибору редуктора розрахувати дійсну швидкість підйому вантажу

$$v_B = \frac{\omega_{дв} \cdot D}{2 \cdot u_P \cdot u_T}$$

$$V = 1440 \times 0,4 / (2 \times 63 \times 2) = 2,28 \text{ м/с.}$$

3.5. Визначення моменту інерції приводного барабана

1 Накреслити схему приводного барабана.

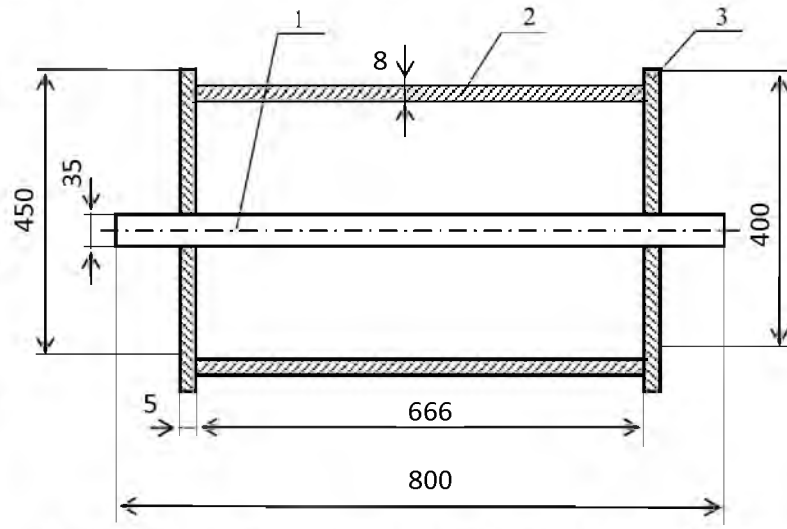


Рис.3.3. Схема приводного барабана

Розчленуємо конструкцію приводного барабана на складові елементи:

1 – вал;

2 – циліндр;

3 – диск.

2 Визначимо момент інерції вала відносно осі його обертання

$$I_B = \frac{\pi}{32} \rho d^4 L = 3,14/32 \times 7800 \times 0,035^4 \times 0,8 = 0,0009 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

3 Визначимо момент інерції циліндра відносно осі його обертання

$$I_D = \frac{\pi}{4} \rho D^3 \delta L = 3,14/4 \times 7800 \times 0,4^3 \times 0,008 \times 0,666 = 2,088 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

4. Визначимо момент інерції диска відносно осі його обертання

$$I_A = \frac{\pi}{32} \rho D^4 \delta = 3,14/32 \times 7800 \times 0,45^4 \times 0,005 = 0,1569 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

5. Визначимо момент інерції приводного барабана відносно осі його обертання.

НУБІП УКРАЇНИ

$$I_A = I_{\hat{A}} + I_{\hat{O}} + 2I_{\hat{A}} = 0,0009 + 2,088 + 0,1569 = 2,246 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

НУБІП УКРАЇНИ

Момент інерції приводного барабана складається з моментів інерції його складових елементів і дорівнює $2,246 \text{ кг} \times \text{м}^2$

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

3.6. Побудова динамічної моделі тягової лебідки

1. Кінематична схема тягової лебідки:

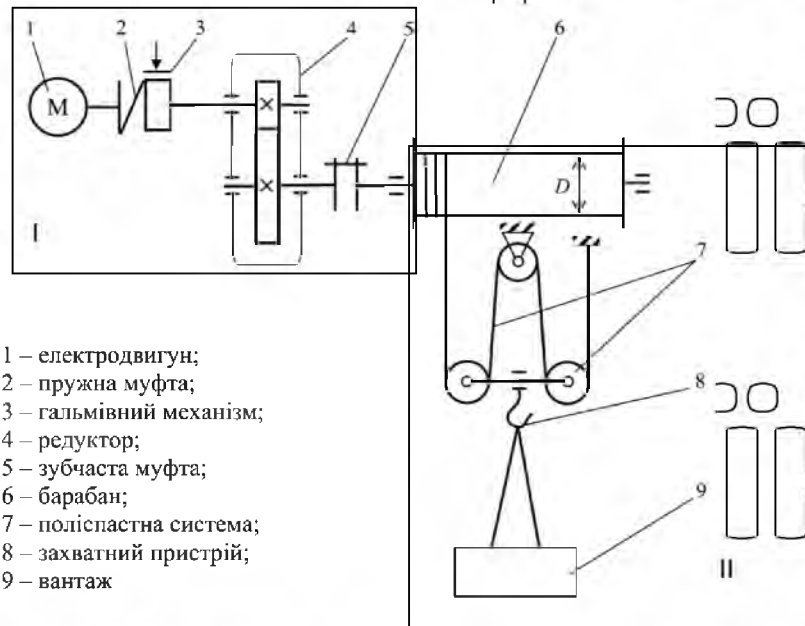


Рис. 3.4. Кінематична схема тягової лебідки

2. Поділимо його на дві частини: перша – від двигуна до пружного елемента (каната, що набігає на барабан); друга – від пружного елемента до вантажу.

3. Для кінематичної схеми механізму його першу частину представимо у вигляді деякої маси, що приєднується до пружного елемента, а другу частину – у вигляді іншої маси, що приєднується з іншого боку також до пружного елемента. Така нова схема має назву динамічної моделі і має

вигляд:

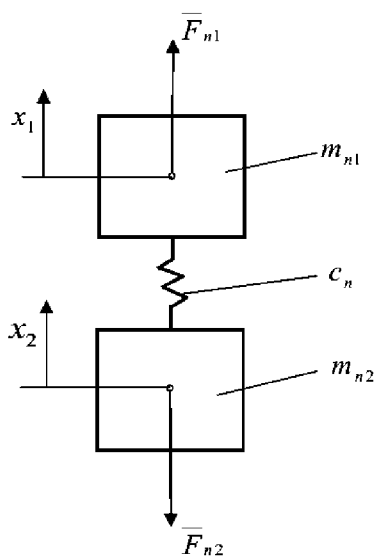


Рис.3.5. Динамічна модель тягової лебідки

4. Параметри m_{n1} , m_{n2} , F_{n1} , F_{n2} , c_n , називаються параметрами динамічної моделі.

5. Визначимо параметри динамічної моделі.

$$m_{n1} = \frac{4}{D^2} [(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p + I_5 + I_6] \quad (3.1)$$

де I_1, I_2, I_3 – моменти інерції відповідно ротора двигуна, муфти та гальмівного шківів відносно власних осей обертання; $I_4 = \delta I_1$ – момент інерції елементів редуктора, зведений до осі обертання ротора двигуна, $\delta = 0,05 \dots 0,1$ –

коефіцієнт, що враховує долю зведеного моменту інерції ланок редуктора

відносно моменту інерції ротора двигуна; I_5, I_6 – моменти інерції відповідно жорсткої муфти та барабана відносно власних осей обертання.

$$m_{n2} = \frac{m + m_{зд}}{u_i^2} \quad (3.2)$$

де $m, m_{зд}$ – маси відповідно вантажу та захватного пристрою; u_i – передавальне число поліспасти.

$$F_{n1} = \frac{2Mu_p}{D} \eta_{1-6}, \quad (3.3)$$

де M – рушійний момент на валу електродвигуна, який визначається з його механічної характеристики; η_{1-6} – к.к.д. передачі від двигуна до барабана; u_p – передаточне число редуктора, D – діаметр барабана.

$$F_{n2} = \frac{(m + m_{cf})g}{u_f \eta_{7-8}}, \quad (3.4)$$

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; η_{7-8} – к.к.д. від поліспада до вантажу.

Коефіцієнт жорсткості каната поліспада:

$$c = \frac{EA}{l} \cdot \frac{1-\eta}{1-\eta^m}, \quad (3.5)$$

де $l = h + \pi D/2$ – довжина каната в одній гілці; h – відстань між осями блоків; D – діаметр блока; E – модуль пружності каната ($1,2 \times 10^5 \text{ МПа}$); A – площа поперечно-перерізу каната ($\pi d^2/4$); d – діаметр каната; η – к.к.д. блока поліспада (на підшипниках ковзання 0,95, на підшипниках кочення 0,98).

Отже, розроблені формули для визначення параметрів m_{n1} , m_{n2} , F_{n1} , F_{n2} , c_n , динамічної моделі тягової лебідки.

3.7. Побудова математичної моделі динаміки руху тягової лебідки

1. Динамічна модель тягової лебідки наведена на рис.3.5.

Параметрами цієї моделі є: m_{n1}, m_{n2} – приведені маси відповідно першої (до пружного елемента) та другої (після пружного елемента) частин лебідки;

F_{n1}, F_{n2} – приведені сили відповідно першої та другої частин лебідки; c_n – приведена до канату, що навігає на приводний барабан, жорсткість поліспасти системи; x_1, x_2 – узагальнені координати першої та другої

зведених мас динамічної моделі.

2. Параметри динамічної моделі тягової лебідки

$$m_{n1} = \frac{4}{D^2} [(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p + I_5 + I_6], \quad (3.6)$$

де I_1, I_2, I_3 – моменти інерції відповідно ротора двигуна, муфти та гальмівного шківів відносно власних осей обертання; $I_4 = \delta I_1$ – момент інерції елементів редуктора, зведений до осі обертання ротора двигуна; $\delta = 0,05 \dots 0,1$ –

коефіцієнт, що враховує долю зведеного моменту інерції ланок редуктора

відносно моменту інерції ротора двигуна; I_5, I_6 – моменти інерції відповідно жорсткої муфти та барабана відносно власних осей обертання.

$$m_{n2} = \frac{m + m_{сп}}{u_i^2}, \quad (3.7)$$

де $m, m_{сп}$ – маси відповідно вантажу та захватного пристрою; u_i – передаточне число поліспасти.

$$F_{n1} = \frac{2Mu_p}{D} \eta_{1-6}$$

де M – рушійний момент на валу електродвигуна, який визначається з його механічної характеристики, η_{1-6} – к.к.д. передачі від двигуна до барабана; u_p – передаточне число редуктора, D – діаметр барабана.

$$F_{n2} = \frac{(m + m_{cf})g}{u_i \eta_{7-8}}$$

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; η_{7-8} – к.к.д. від поліспада до вантажу.

Коефіцієнт жорсткості каната поліспада:

$$c = \frac{EA}{l} \cdot \frac{1}{1 - \eta^m}$$

де $l = h + \pi D/2$ – довжина каната в одній гілці; h – відстань між осями блоків; D – діаметр блока; E – модуль пружності каната (1.2.105 МПа); A – площа поперечно-перерізу каната ($\pi d^2/4$); d – діаметр каната; η – к.к.д. блока поліспада (на підшипниках ковзання 0,95, на підшипниках качення 0,98).

3. Найбільш простим методом побудови математичної моделі є метод динамічної рівноваги.

Розчленуємо дві маси динамічної моделі на окремі маси і замінимо в'язь пружного елемента реакцією в'язі. Крім того, до кожної з мас прикладемо сили інерції. В результаті таких перетворень динамічна модель набуде вигляду:

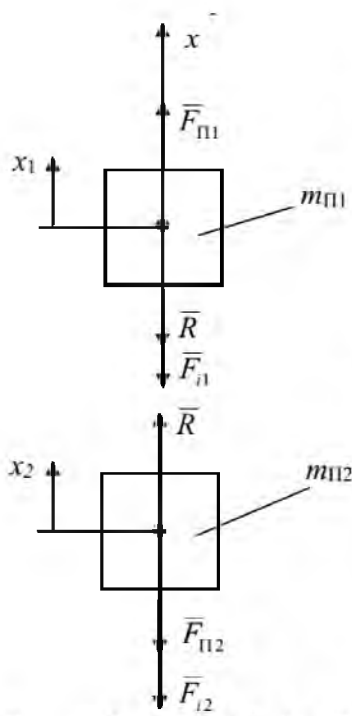


Рис.3,6. Розрахункова схема тягової лебідки

Після цього розглянемо динамічну рівновагу кожної з мас. Для цього спроектуємо всі сили, що діють на кожну з мас на вертикальну вісь, оскільки всі сили діють вздовж вертикальної осі і запишемо для них рівняння рівноваги. В результаті чого будемо мати:

– для першої маси: $F_{п1} - R - F_{г1} = 0;$

для другої маси: $R - F_{п2} - F_{г2} = 0$

Вирази реакції та сил інерції мають вигляд:

$$R = c_{п1}(x_1 - x_2);$$

$$F_{г1} = m_{п1} \cdot \ddot{x}_1;$$

$$F_{г2} = m_{п2} \cdot \ddot{x}_2.$$

де \ddot{x}_1, \ddot{x}_2 – прискорення відповідно першої та другої мас. \ddot{x}

Після підстановки реакцій та сил інерції у рівняння рівноваги отримаємо систему диференціальних рівнянь, які будуть представляти математичну модель динаміки руху тягової лебідки:

$$\begin{cases} F_{T1} - c_T(x_1 - x_2) - m_{T1} \ddot{x}_1 = 0; \\ c_T(x_1 - x_2) - F_{T2} - m_{T2} \ddot{x}_2 = 0. \end{cases} \quad (3.8)$$

Зробивши деякі перетворення, отримаємо кінцевий вигляд математичної моделі динаміки руху тягової лебідки:

$$\begin{cases} m_{T1} \ddot{x}_1 = F_{T1} - c_T(x_1 - x_2); \\ m_{T2} \ddot{x}_2 = -F_{T2} + c_T(x_1 - x_2). \end{cases} \quad (3.9)$$

В систему рівнянь необхідно ввести вирази приведених мас та приведених сил і коефіцієнт жорсткості. Тоді система рівнянь буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \frac{4}{D^2} [(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p + I_5 + I_6] \ddot{x}_1 = \frac{2Mu_p}{D} \eta_{1-6} - \frac{EA}{l} \cdot \frac{1-\eta}{1-\eta^m} (x_1 - x_2); \\ \frac{m + m_{CI}}{u_i^2} \ddot{x}_2 = -\frac{(m + m_{CI})g}{u_i \eta_{7-8}} + \frac{EA}{l} \cdot \frac{1-\eta}{1-\eta^m} (x_1 - x_2). \end{cases} \quad (3.10)$$

Отже, отримали систему двох рівнянь, що описують динаміку руху тягової лебідки.

3.8. Розробка алгоритму розв'язку математичної моделі тягової лебідки

1. Вихідні дані, необхідні для розв'язування системи диференціальних рівнянь руху тягової лебідки (табл.3.5).

Таблиця 3.5. Вихідні дані для розрахунку тягової лебідки

Параметри	Од. виміру	Значення
G – вантажопідйомність лебідки	T	2,5
m – маса вантажу	кг	2000
$m_{зп}$ – маса захватного пристрою	кг	10
v – номінальна швидкість підйому вантажу	м/с	2,1
P_n – номінальна потужність електродвигуна	кВт	5,5
Кутові швидкості електродвигуна	рад/с	
W_H – номінальна		150,7
W_0 – синхронна		157
M_H – номінальний момент на валу електродвигуна	Нм	36,5
M_{max} – максимальний (критичний) момент на валу електродвигуна		83,9
n – передаточне число (кратність) поліспаста		2
W_d – кутова швидкість барабана	с ⁻¹	20,5
n_p – передаточне число редуктора		63
d – діаметр каната	м	0,011

$D = ed$ – діаметр барабана	м	0,5
$I_{дв}$ – момент інерції відповідно ротора електродвигуна	кг/м ²	0,0236
I_M – момент інерції пружної муфти з гальмівним шківом	кг/м ²	0,0376
δ – коефіцієнт, який враховує інертність елементів редуктора, зведених до вала електродвигуна		0,1
I_b – момент інерції барабана відносно власної осі обертання	кг/м ²	2,246
$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5$ – к.к.д. відповідно пружної муфти, редуктора, зубчастої муфти, барабана та поліспаєтної системи		0,97 0,99 0,98 0,99
m_{II1}, m_{II2} – приведені маси відповідно першої та другої частин тягової лебідки	кг	100,0 502,5
F_{II1}, F_{II2} – зведені сил відповідно першої та другої частин тягової лебідки	Н	9475,2 9948,5
c_{II} – зведений коефіцієнта жорсткості поліспаєтної системи	Н/м	$1,4 \cdot 10^5$

2. Представимо системи диференціальних рівнянь руху в формі, зручній для їхнього інтегрування:

$$\begin{cases} 9475,2 - 1,4 \cdot 10^5 \cdot (x_1 - x_2) - 100,0 \ddot{x}_1 = 0, \\ 1,4 \cdot 10^5 \cdot (x_1 - x_2) - 9948,5 - 502,5 \ddot{x}_2 = 0. \end{cases} \quad (3.11)$$

НУБІП України

Оскільки представлена система диференціальних рівнянь руху є нелінійною за рахунок нелінійності механічної характеристики приводного

двигуна, то для їхнього розв'язування доцільно використати чисельні методи

з використанням комп'ютерної техніки. Зокрема, тут може бути використана

програма «Mathematica».

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3.9. Результати динамічного аналізу тягової лебідки

НУБІП України

Виведемо на зовнішні носії інформацію результатів динамічного

аналізу механізму підйому вантажу: залежностей кінематичних, силових та енергетичних характеристик ланок тягової лебідки (рис. 3.7., ..., рис. 3.10)

НУБІП України

$\dot{x}_1, \text{m/s}; \dot{x}_2, \text{m/s}$

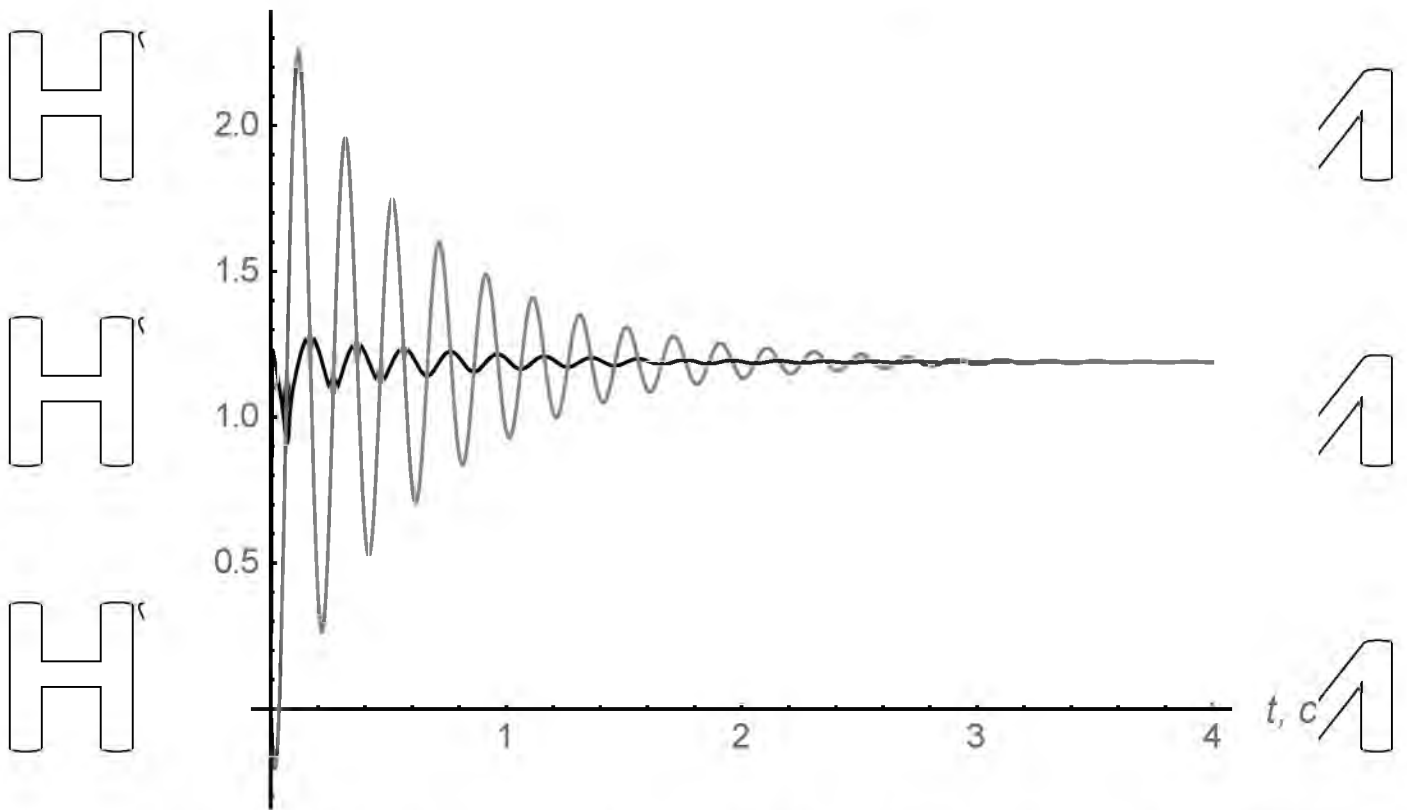


Рис. 3.7. Графіки швидкостей першої та другої приведених мас динамічної моделі тягової лебідки

НУБІП України

НУБІП України

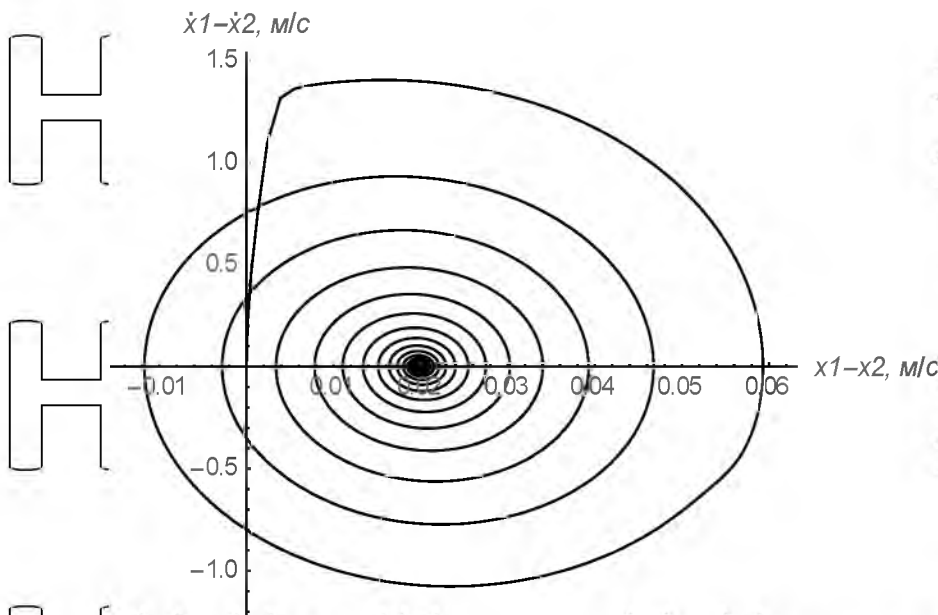


Рис. 3.8. Фазовий портрет коливань приведених мас тягової лебідки

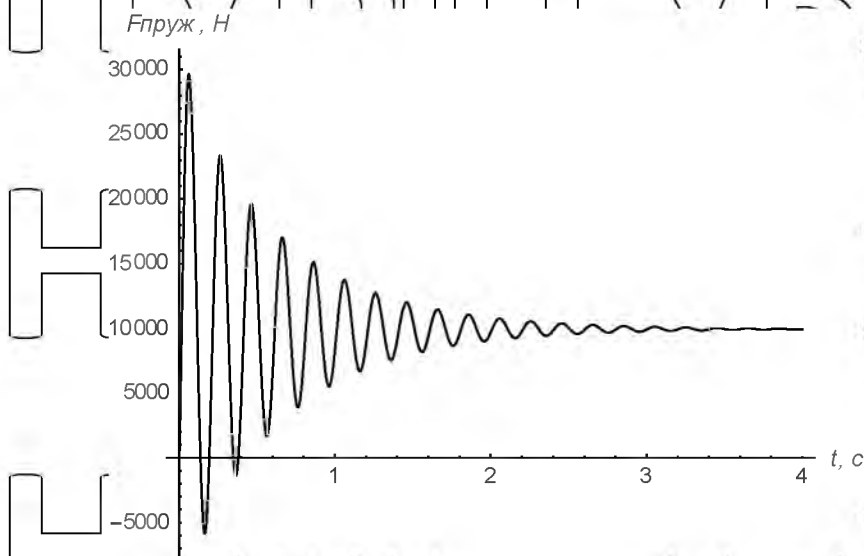


Рис. 3.9. Графік зусилля в пружному елементі, що з'єднує приведені маси лебідки

НУБІП України

НУБІП України

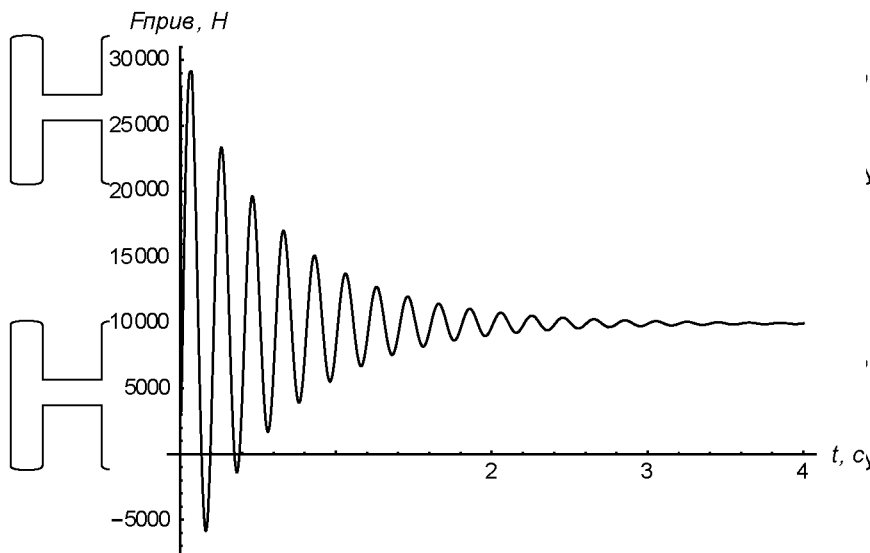


Рис. 3.10. Графік зміни рушійного зусилля приводу тягової лебідки

З графічних залежностей швидкостей зведених мас (рис. 3.7) видно, що на ділянці пуску спостерігаються значні коливання швидкостей як першої (приводу), так і другої (вантажу) приведених мас тягової лебідки, які протягом чотирьох секунд руху затухають. Однак на початку руху мають місце значні коливання швидкості вантажу, максимальне значення якої майже вдвічі перевищує ustalene значення.

З фазового портрету коливань (рис. 3.8) можна бачити, що коливання плавно затухають. При цьому деформація пружного елемента досягає максимального значення 60 мм і на рівні 20 мм залишається після затухання коливань. Максимальна різниця швидкостей приведених мас досягає 1,5 м/с.

З графіка пружного зусилля між зведеними масами (рис. 3.9) видно, що його максимальне значення становить 30 кН, що втричі перевищує його ustalene значення (10 кН). Зусилля в пружному елементі затухають протягом 4 с. Аналогічна картина спостерігається і в зміні рушійного моменту приводу (рис. 3.10). Можна констатувати, що рушійне зусилля приводу копіює зусилля в пружному елементі.

Аналіз наведених залежностей показує, що тягова лебідка при розгоні має затухаючий коливальний процес, який затухає приблизно за 3-4 с.

На фазовому портреті (рис. 3.8) показана особлива точка типу центр.

Вона свідчить про наявність слабого демпфування, бо спіраль складається з великого числа близько розташованих витків. Чим сильніше демпфування, тем далі витки знаходяться один від одного.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ ТЯГОВОЇ ЛЕБІДКИ

1.1. Вибір критерію оптимізації

Для оптимізації режиму руху тягової лебідки використаємо комплексний критерій, який враховує енергетичні витрати та потужність приводу.

Комплексний критерій має вигляд

$$K = \delta K_1 + (1 - \delta) K_2, \quad (4.1)$$

де: K_1 і K_2 – критерії, що відображають енергетичні витрати та потужність приводу. Вони визначаються так:

$$K_1 = \frac{I_1}{I_{1 \min}}, \quad (4.2)$$

$$K_2 = \frac{I_2}{I_{2 \min}}, \quad (4.3)$$

де: I_1 і I_2 відповідно енергія часу та потужність приводу;

$I_{1 \min}$ і $I_{2 \min}$ – мінімальні значення енергії та потужності приводу.

Підставивши вирази (4.2) і (4.3) у залежність (4.1) знайдемо вираз комплексного критерію:

$$K = \delta \frac{I_1}{I_{1 \min}} + (1 - \delta) \frac{I_2}{I_{2 \min}}. \quad (4.4)$$

Енергію визначимо таким чином

$$I_1 = \int_0^{t_1} T dt = \int_0^{t_1} \frac{1}{2} m \dot{x}^2 dt, \quad (4.5)$$

де: T – кінетична енергія системи лебідки;

t – час;

t_1 – тривалість руху системи;

m – зведена до тягового канату маса привідного механізму лебідки;

\dot{x} – швидкість тягового канату лебідки.

Умовою мінімумів критерію (4.4) є рівняння Ейлера

$$\frac{dT}{dx} - \frac{d}{dt} \frac{dT}{dx} = 0. \quad (4.6)$$

З цих рівнянь отримуємо

НУБІП України

$$\frac{dT}{dx} = m\dot{x}; \quad (4.7)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{dT}{dx} = m\ddot{x}; \quad (4.8)$$

$$m\ddot{x} = 0. \quad (4.9)$$

НУБІП України

Розв'язавши рівняння (4.9), отримаємо:

$$\dot{x} = c_1; \quad (4.10)$$

$$x = c_1 t + c_2, \quad (4.11)$$

НУБІП України

де: c_1 і c_2 постійні інтегрування, які визначаються з початкових умов руху.
Підставивши початкові і кінцеві умови руху

$$t = 0; x = 0; t = t_1; x = x_1; c_2 = 0 \quad (4.12)$$

НУБІП України

в залежність (4.10, 4.11) будемо мати:

$$x_1 = c_1 t_1; \quad (4.13)$$

$$c_1 = \frac{x_1}{t_1}; \quad (4.14)$$

НУБІП України

$$\dot{x} = \frac{x_1}{t_1} = const. \quad (4.15)$$

Тут x_1 переміщення привідного механізму

Тоді мінімальне значення енергії визначається так

НУБІП України

$$I_{1 \min} = \frac{m}{2} \int_0^{t_1} \frac{x_1^2}{t_1} dt = \frac{m x_1^2}{2 t_1} + \int_0^{t_1} \frac{m x_1^2}{2 t_1^2} t_1 = \frac{m x_1^2}{2 t_1}. \quad (4.16)$$

Визначимо середню потужність приводу

$$I_2 = \int_0^{t_1} P dt = \int_0^{t_1} \frac{1}{2} m \ddot{x}^2 dt, \quad (4.17)$$

НУБІП України

де P - значення потужності привідного механізму лебідки;
 \ddot{x} - прискорення зведеної маси приводу.

Умовою критерію (4.17) є рівняння Пуассона, яке має вигляд

$$\frac{dP}{dx} - \frac{d}{dt} \frac{dP}{dx} + \frac{d^2 P}{dt^2 dx} = 0, \quad (4.18)$$

Провівши операцію диференціювання елементів рівняння (4.18), отримуємо

$$\frac{dP}{dx} = m\ddot{x}; \quad (4.19)$$

$$\frac{d^2 P}{dt^2 dx} = m\ddot{\ddot{x}} = 0; \rightarrow \ddot{\ddot{x}} = 0; \quad (4.20)$$

Оскільки m не дорівнює 0 , то $\ddot{\ddot{x}} = 0$.

Розв'язавши отримане рівняння, будемо мати:

$$\ddot{x} = c_1; \dot{x} = c_1 t + c_2; \quad (4.21)$$

$$\dot{x} = \frac{1}{2} c_1 t^2 + c_2 t + c_3; \quad (4.22)$$

$$x = \frac{1}{6} c_1 t^3 + \frac{1}{2} c_2 t^2 + c_3 t + c_4, \quad (4.23)$$

де c_1, c_2, c_4 постійні інтегрування

$$t = 0; x = 0; \dot{x} = 0; t = t_1; x = x_1; c_4 = 0; c_3 = 0; \quad (4.24)$$

З краєвих умов руху (4.24) отримуємо наступні залежності:

$$x_1 = \frac{1}{6} c_1 t_1^3 + \frac{1}{2} c_2 t_1^2; \quad (4.25)$$

$$0 = \frac{1}{2} c_1 t_1^2 + c_2 t_1; \quad (4.26)$$

$$\frac{1}{2} c_1 t_1 + c_2 = 0; \quad (4.27)$$

$$c_2 = -\frac{1}{2} c_1 t_1; \quad (4.28)$$

$$x_1 = \frac{1}{2} c_1 t_1^3 - \frac{1}{4} c_1 t_1^3; \quad (4.29)$$

$$x_1 = \frac{1}{12} c_1 t_1^3; \quad (4.30)$$

З отриманих залежностей визначаємо постійні інтегрування

$$c_1 = -\frac{12x}{t_1^3}; \quad (4.31)$$

$$c_2 = \frac{6x_1}{t_1^2} t_1 = \frac{6x_1}{t_1^2}; \quad (4.32)$$

Підставивши постійні інтегрування в залежності кінематичних характеристик, знайдемо прискорення зведеної маси приводу

$$\ddot{x} = -\frac{12x}{t_1^3} t + \frac{6x_1}{t_1^2} = \frac{6x_1}{t_1^2} \left(1 - 2\frac{t}{t_1}\right). \quad (4.33)$$

Підставивши функцію прискорення (4.33) у вираз критерію потужності, знайдемо його мінімальне значення

$$I_{2 \text{ min}} = \int_0^{t_1} \frac{1}{2} m \frac{36x_1^2}{t_1^4} \left(1 - 2\frac{t}{t_1}\right)^2 dt = \frac{18mx_1^2}{t_1^4} \int_0^{t_1} \left(1 - 4\frac{t}{t_1} + 4\frac{t^2}{t_1^2}\right) dt = \\ = \frac{18mx_1^2}{t_1^4} \left(t - 2\frac{t^2}{t_1} + \frac{4}{3}\frac{t^3}{t_1}\right) \Big|_0^{t_1} = \frac{18mx_1^2}{t_1^4} \left(\frac{1}{3}t_1\right) = \frac{6mx_1^2}{t_1^3}; \quad (4.34)$$

В результаті підстановки всіх отриманих залежностей, що входять в комплексний критерій, знайдемо його кінцевий вираз

$$K = \int_0^{t_1} \left[\frac{\frac{1}{2}m\dot{x}^2}{\frac{1}{2}m\dot{x}^2} + \frac{\frac{1}{2}m\dot{x}^2}{\frac{1}{2}m\dot{x}^2} (1 - \delta) \right] dt = \int_0^{t_1} \left[\delta \frac{\dot{x}^2 t_1}{x_1^2} + \frac{\dot{x}^2 t_1^3}{12x_1^2} (1 - \delta) \right] dt =$$

$$\frac{t_1}{x_1^2} \int_0^{t_1} \left[\delta \dot{x}^2 + \frac{\dot{x}^2 t_1^3}{12} (1 - \delta) \right] dt.$$

$$(4.34)$$

4.2. Оптимізація режиму руху тягової лебідки

Умовою мінімумів критерію (4.34) є рівняння Пуассона, які мають вигляд

$$\frac{df}{dx} - \frac{d}{dt} \frac{df}{dx} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{df}{dx} = 0; \quad (4.35)$$

Продиференціювавши підінтегральний вираз критерію, отримаємо такі залежності

$$\frac{df}{dx} = 2\delta\dot{x}; \quad (4.35)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{df}{d\dot{x}} = 2\delta\ddot{x}. \quad (4.36)$$

Після підстановки виразів (4.35) і (4.36) в рівняння Пуассона знайдемо умову мінімуму критерію

$$\frac{df}{d\ddot{x}} = (1 - \delta) \frac{t_1^2}{6} \ddot{x}; \quad (4.37)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} \frac{df}{d\ddot{x}} = (1 - \delta) \frac{t_1^2}{6} \ddot{x}; \quad (4.38)$$

$$(1 - \delta) \frac{t_1^2}{6} \ddot{x} - 2\delta\ddot{x} = 0; \quad (4.39)$$

В результаті перетворень рівняння (4.39) отримаємо

$$\ddot{x} - \frac{2\delta 6}{(1 - \delta)t_1^2} \ddot{x} = 0; \quad (4.40) \quad \ddot{x} - K^2 \ddot{x} = 0$$

Зробимо заміну в в рівнянні (4.40)

$$K^2 = \frac{12\delta}{(1 - \delta)t_1^2}. \quad (4.42)$$

Для розв'язку диферинційного рівняння (4.41), з урахуванням виразу (4.42), складемо характеристичне рівняння

$$r^4 - k^2 r^2 = 0; \quad (4.43)$$

$$r^2(k^2 r^2) = 0. \quad (4.44)$$

Після розв'язку рівняння(4.44) знайдемо такі корені

$$r^2 = 0; r_1 = r_2 = 0; r^2 = k^2; r_3 = k; r_4 = -k. \quad (4.45)$$

За знайденими коренями (4.45) знаходимо розв'язок диференційного рівняння (4.41) в такому виді:

$$x = c_1 + c_2 t + c_3 e^{kt} + c_4 e^{-kt}; \quad (4.46)$$

$$\dot{x} = c_2 + c_3 k e^{kt} - c_4 k e^{-kt}; \quad (4.47)$$

$$\ddot{x} = c_3 k^2 e^{kt} + c_4 k^2 e^{-kt}; \quad (4.48)$$

$$t = 0; x = 0; \dot{x} = 0; \ddot{x} = 0; t = t_1; x = x_1; \quad (4.49)$$

$$k = \sqrt{\frac{12g}{(1-\delta)t_1^2}} \quad (4.50)$$

Після підстановки крайових умов в залежності (4.46,...,(4.48) складемо систему для знаходження постійних інтегрування

$$\begin{cases} 0 = c_1 + c_3 + c_4 \\ 0 = c_2 + c_3 k - c_4 k \\ x = c_1 + c_2 t + c_3 e^{kt_1} + c_4 e^{-kt_1} \\ 0 = c_2 + c_3 k e^{kt_1} - c_4 k e^{-kt_1} \end{cases} \quad (4.51)$$

$$\begin{cases} c_1 = -c_3 - c_4; \\ c_2 = c_4 k - c_3 k; \end{cases} \quad (4.52)$$

$$\begin{cases} x_1 = -c_3 - c_4 + c_4 k t_1 - c_3 k t_1 + c_3 e^{k t_1} + c_4 e^{-k t_1} \\ 0 = c_4 k - c_3 k + c_3 k e^{k t_1} - c_4 k e^{-k t_1} \end{cases} \quad (4.54)$$

$$\begin{cases} 0 = c_3 (e^{k t_1} - 1) - c_4 (e^{-k t_1} - 1) \\ x_1 = c_3 [e^{k t_1} - k t_1 - 1] + c_4 [k e^{-k t_1} + k t_1 - 1] \end{cases} \quad (4.55)$$

$$\begin{cases} c_3 = c_4 \frac{(e^{-k t_1} - 1)}{(e^{k t_1} - 1)} \\ x_1 = c_4 \frac{e^{-k t_1} - 1}{e^{k t_1} - 1} (e^{k t_1} - k t_1 - 1) + c_4 (e^{-k t_1} + k t_1 + 1) \end{cases} \quad (4.56)$$

Після чого визначимо оптимальний режим пуску тягової лебідки

$$x_1 = c_4 \left[\frac{e^{-k t_1} - 1}{e^{k t_1} - 1} (e^{k t_1} - k t_1 - 1) + e^{-k t_1} + k t_1 + 1 \right] \quad (4.57)$$

$$c_4 = \frac{x_1}{e^{kt_1-1}(e^{kt_1-kt_1-1})+e^{-kt_1+kt_1+1}} \quad (4.58)$$

4.3. Результати оптимізації режиму руху тягової лебідки

Оскільки за результатами розрахунку необхідно побудувати графіки, то розрахунок і побудову графіків проведемо в програмі Wolfram Mathematica.

На рис. 4.1, ..., рис. 4.7 представлені результати динамічного аналізу процесу пуску тягової лебідки під час транспортування вантажів сільськогосподарського призначення. З отриманих залежностей можна зробити висновок, що усі характеристики змінюються плавно без коливань.

Отже, оптимізація режиму руху дозволила усунути коливання ланок тягової лебідки і, як наслідок, знанно зменшити динамічні навантаження в їхніх елементах. Зокрема, динамічна складова тягового зусилля (рис. 4.1)

змінюється плавно без коливань, але цей режим має недолік в тому, що на початку і в кінці процесу пуску динамічна складова зусилля приймає максимальні значення. Динамічна складова потужності приводу змінюється плавно (рис. 4.2) за синусоїдальним законом. Спочатку потужність плавно зростає, а потім таким же чином спадає. Рушійне зусилля приводу змінюється плавно (рис. 4.3), але в кінці процесу пуску приймає максимальне значення, що є небажаним, тому при подальшій оптимізації необхідно враховувати шляхом вибору критеріїв оптимізації з більш високим показником похідних за часом. Графік сумарної потужності приводу (рис. 4.4)

змінюється плавно і в кінці процесу пуску приймає мінімальне значення.

Змінюється плавно і в кінці процесу пуску приймає мінімальне значення.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

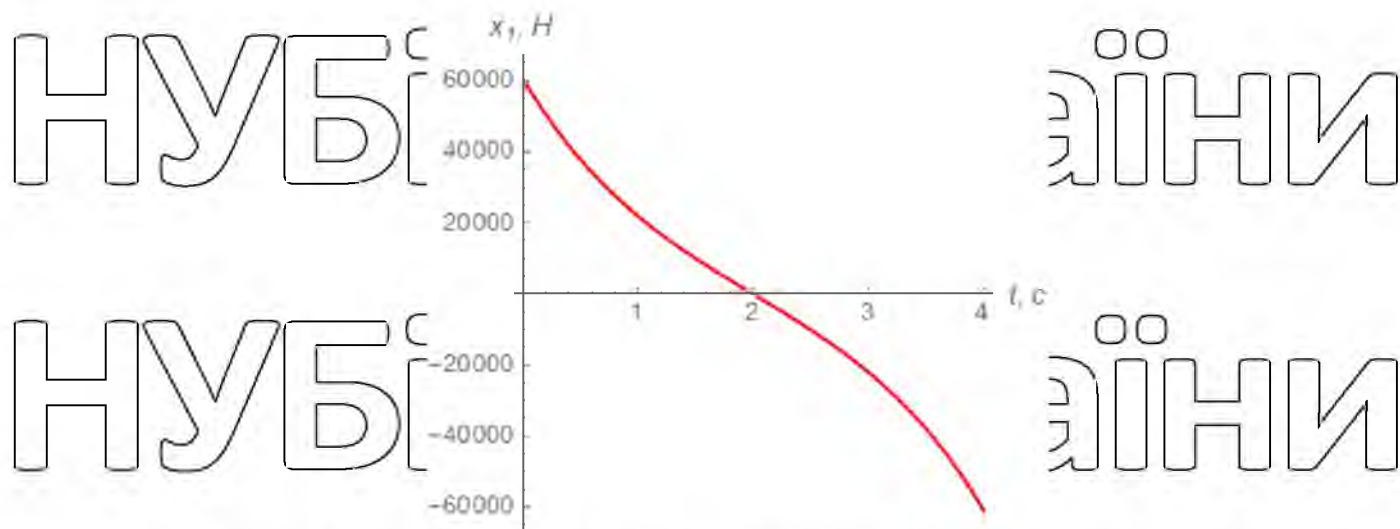


Рис.4.1. Графік зміни динамічної складової рушійного зусилля

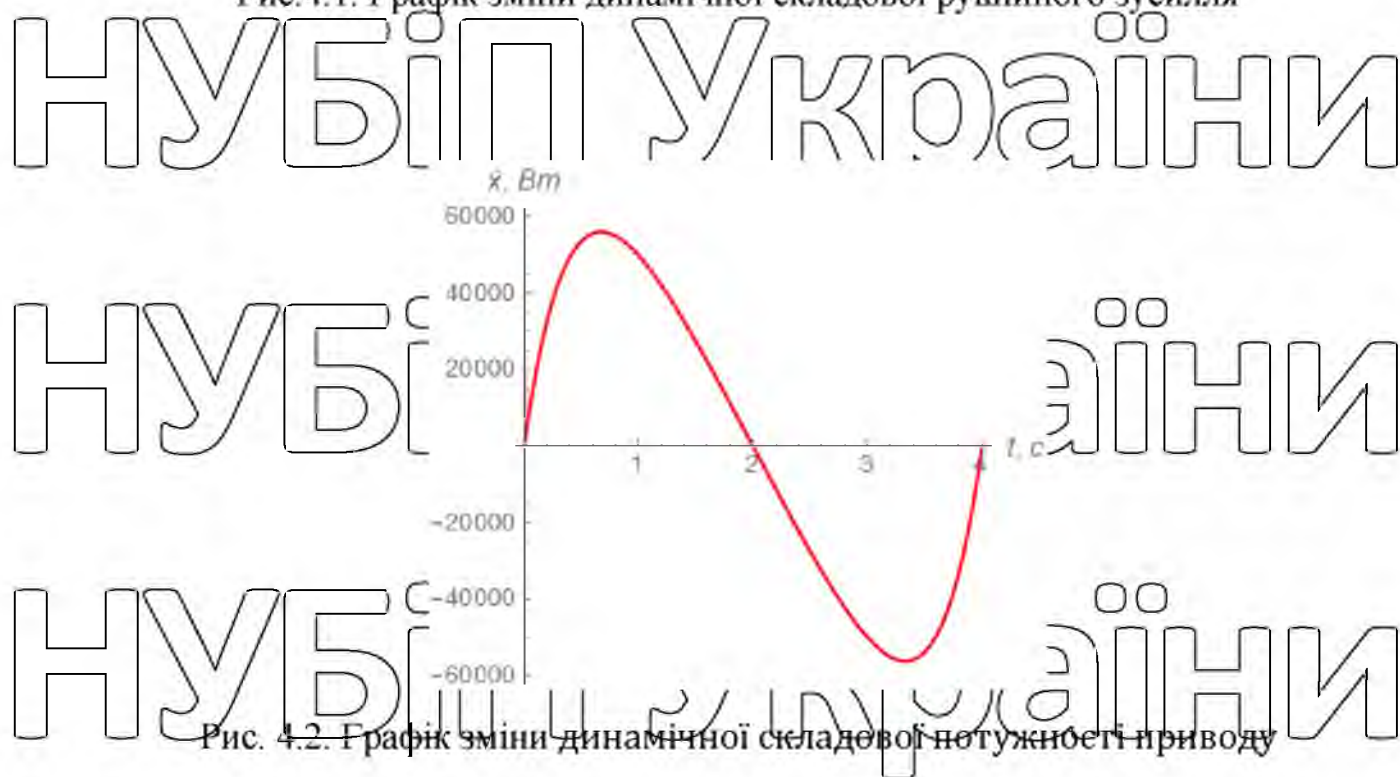


Рис. 4.2. Графік зміни динамічної складової потужності приводу

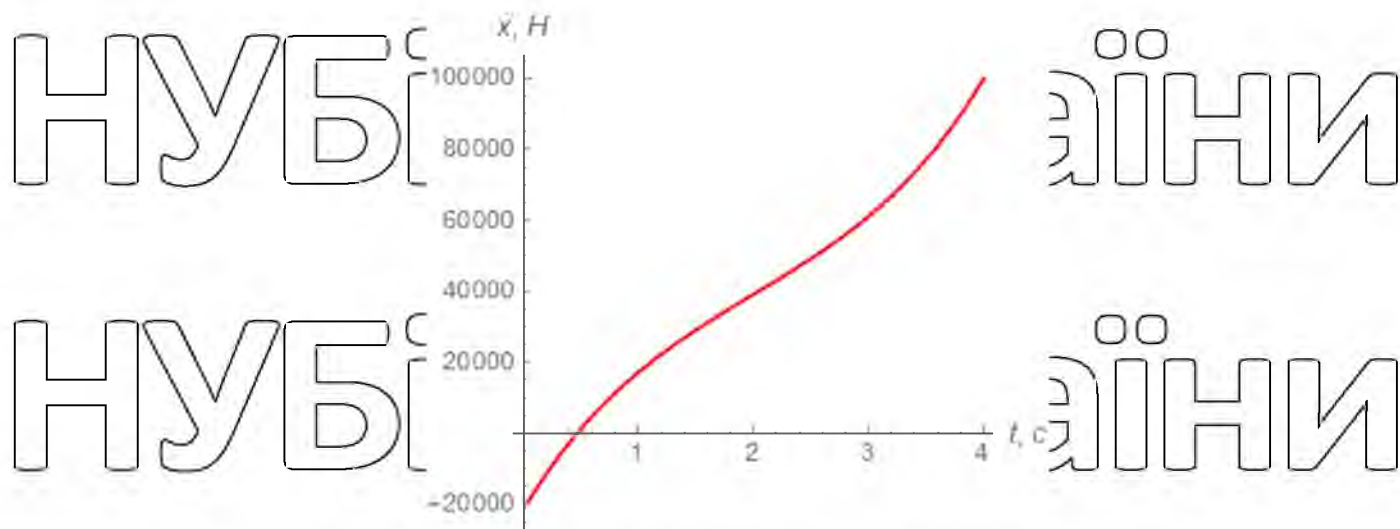


Рис. 4.3. Графік зміни рушійного зусилля приводу

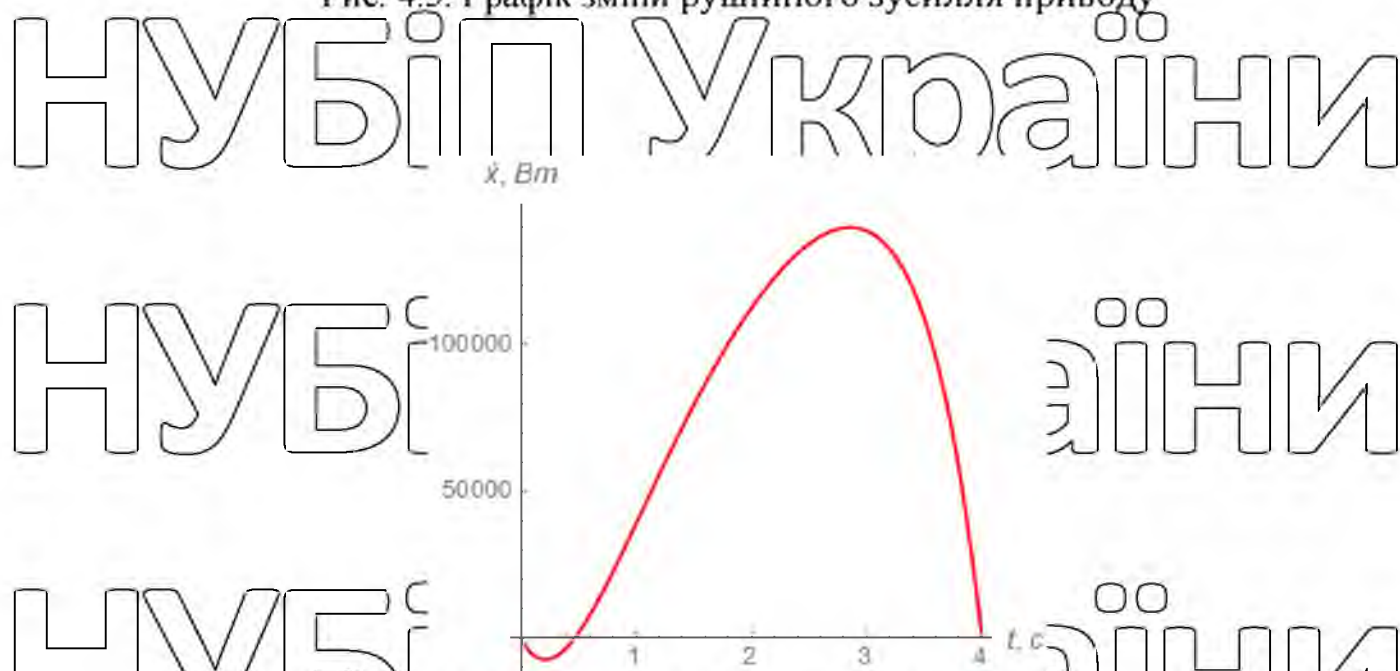


Рис. 4.4. Графік зміни потужності приводу

НУБІП України

НУБІП України

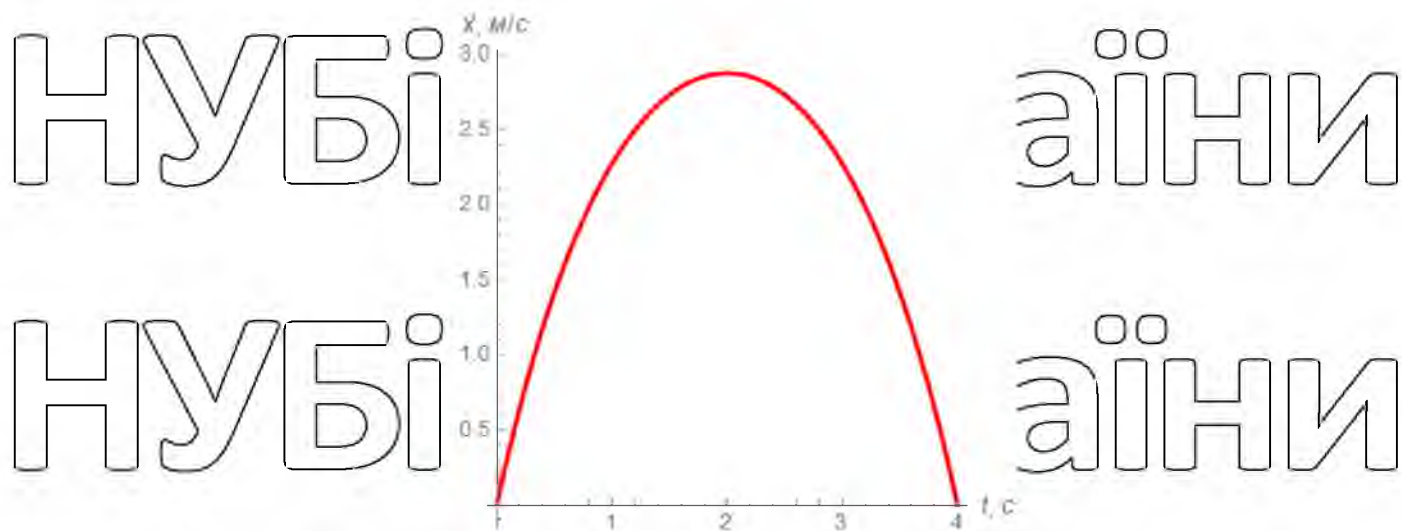


Рис. 4.5. Графік прискорення канату, що намотується на барабан

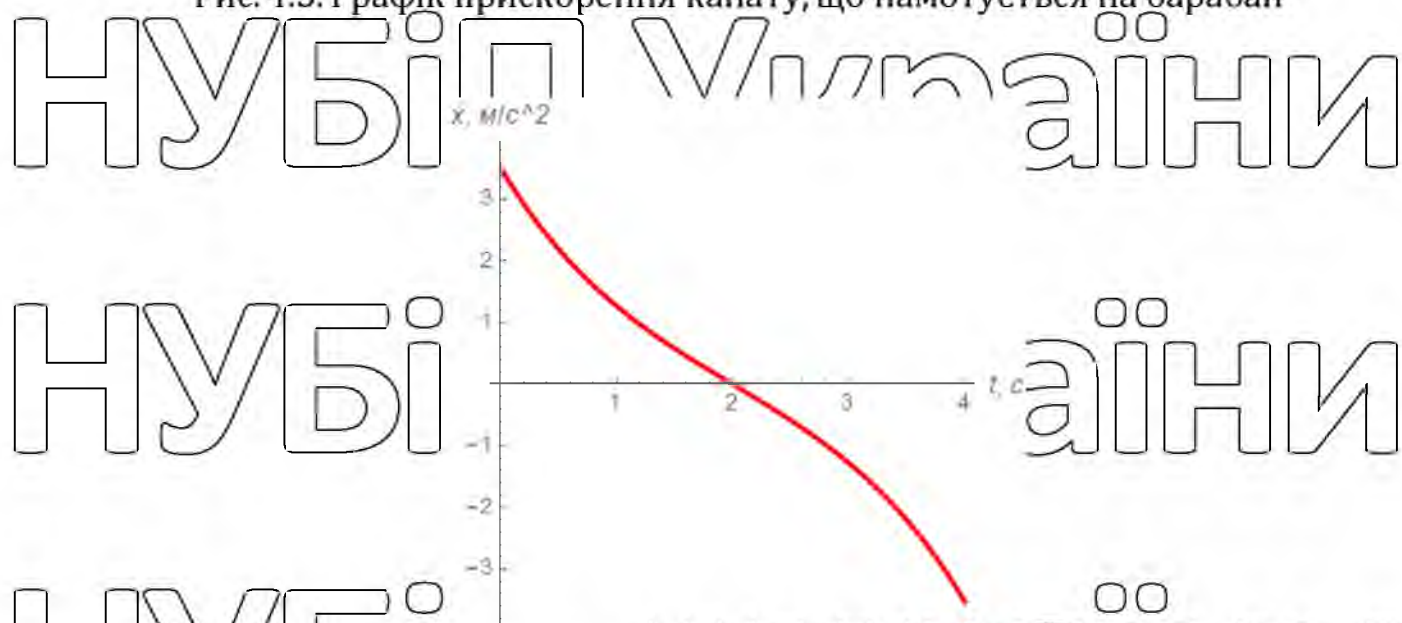


Рис.4.6. Графік прискорення

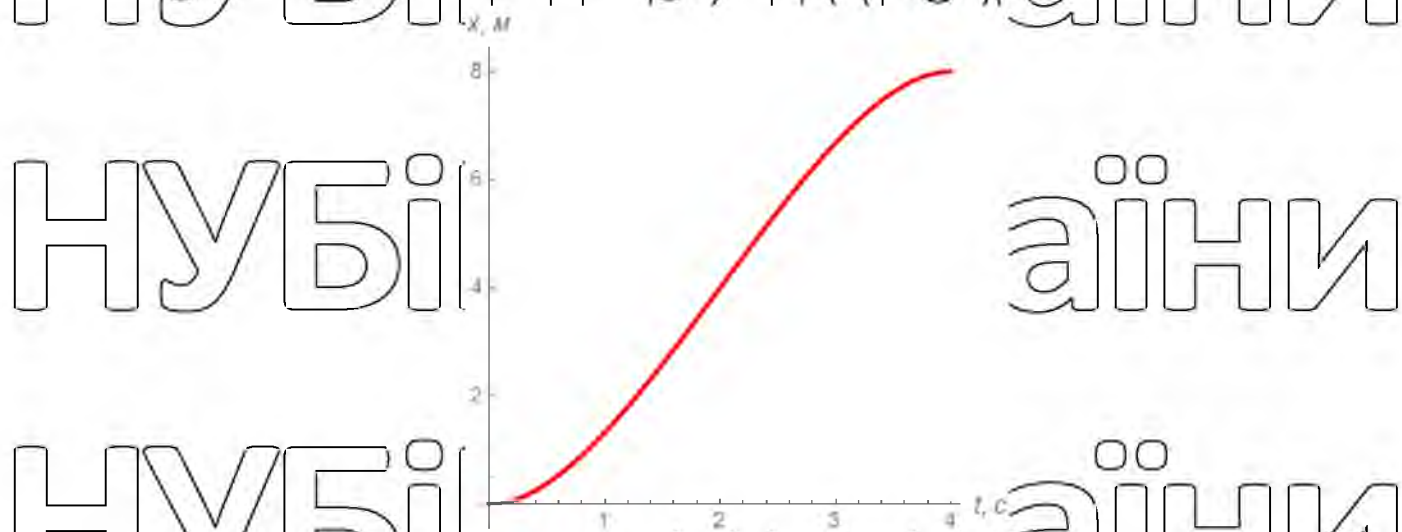


Рис.4.7. Графік переміщення канату, що намотується на барабан

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги безпеки

Правила охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості установлюють вимоги з охорони праці, що поширюються на суб'єкти господарювання, які здійснюють науково-дослідну діяльність, виконують лісовпорядкувальні та вишукувальні роботи, створюють лісові насадження та доглядають за ними, здійснюють захист лісів від шкідників, хвороб та пожеж, ведуть будівництво і експлуатацію лісових доріг, лісоєдні, лісотранспортні та лісоскладські роботи, заготівлю живиці та пневого осмолу, лісопиляння та інше первинне перероблення заготовленої деревини, роботи в малій лісохімії.

Правила є обов'язковими для виконання роботодавцями та працівниками, а також тимчасово залученими до праці аспірантами, стажерами, студентами і учнями навчальних закладів, які проходять виробничу практику на підприємствах та в організаціях, а також осіб, що підвищують кваліфікацію.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Уточнити у майстра особливості виконання чокеровки та трелювання деревини на даній лісосіці, небезпечні зони і інші вимоги безпеки, зазначені в технологічній карті рубок лісу, з якої бригада знайомиться до початку робіт.

Без дозволу майстра самовільно не зраджувати встановлений порядок виконання робіт.

Перевірити комплектність, справність, одягнути передбачену нормами спецодяг, спецвзуття, запобіжні пристосування і постійно використовувати їх в роботі.

Перевірити справність трелювального трактора, тросів і чокерів. Особливу увагу звернути на вузли забезпечення безпеки: трелювальну лебідку і її гальмо, звукову сигналізацію, якість головного троса, які збирають тросів і чокерів.

Чокеровічку узгодити з трактористом обмінну сигналізацію, перевірити якість трелювальних волоків, відсутність небезпечних дерев в лісосіці.

5.3. Вимоги безпеки під час роботи

Робота трелювального трактора дозволяється на підготовлених трелювальних волоках. Підготовленим вважається волок, у якого на всій його ширині і довжині:

- прибрані дерева, підріст, чагарник, хмиз, камені;
- засипані ями, заболочені ділянки застелені жердинами, суками; зрізані врівень із землею пеньки і купини.

Ширина трелювальних волоків для трактора (клас тяги 30-60 кН) повинна бути не менше 5 м, волоки, прокладені по косогору, встановлюються шириною 7 м. Для трактора з класом тяги 6-29 кН-максимальна ширина трактора плюс 1 м (але не менше 3-х м).

Трелювання дерев від звалювальних і валильно-пакетувальних машин проводиться по неспідготовленій волоку. В цьому випадку трелювальних волоком умовно вважається слід валочного або Валочно-пакетувальні машини.

Не дозволяється здійснювати набір пачки лісу трактором і його проходження з пачкою ближче 50 м (60 м в гірських умовах) від місця валки лісу, чіпляти трактор за дерева і пні для його самовивіщення при спаданні гусениць.

Якщо вальник лісу одночасно здійснює чокеровку, тракторист не має права заїжджати в небезпечну зону валки лісу без дозволу вальника. В цьому випадку тракторист зобов'язаний зупинити трактор у межі небезпечної зони, подати вальнику лісу сигнал і тільки після отримання від нього дозволяючого сигналу заїжджати в небезпечну зону валки лісу до місця причеплення. При відсутності двосторонньої сигналізації робота зазначеним способом не допускається. Тракторист в будь-якому випадку не має права заїжджати в небезпечну зону при валці дерев.

Для підтягування долготья трактор необхідно встановлювати на волоку так, щоб його поздовжня вісь збігалася з напрямком руху пачки (допускається відхилення не більше 15 градусів). У будь-якому випадку деревина трелюється в напівпідвішеному положенні.

Для набору пачки тракторист повинен опустити щит, подати трактор назад, щоб щит врізався в ґрунт, а після цього загальмувати трактор.

При підтаскуванні хлестів тракторист повинен уважно стежити за їх рухом і сигналами чокеровщика.

НУБІП України

5.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Припинити натаскування деревини на трактор, якщо вона вперлася в технологічне обладнання, дерево, пень, іншу перешкоду, вимкнути лебідку, послабити трос і звільнити зачепилася деревину.

Робота повинна бути припинена під час зливого дощу, при грозі, сильному снігопаді і густому тумані (видимість менше 50 м).

Про нещасний випадок потерпілий або очевидець повинен сповістити майстра або іншого відповідального керівника робіт, надавши першу долікарську допомогу. При необхідності доставити потерпілого до медичного закладу. По можливості зберегти обстановку події.

При виявленні пожежі приступити до гасіння за допомогою наявних засобів, дотримуючись безпеку. Повідомити про пожежу майстру, в лісгосп, лісництво, при будь-якій загрозі життя покинути небезпечну зону. При необхідності-викликати пожежну службу.

Під час грози лісосічні роботи припиняються, металеві предмети і механізми розміщуються в стороні від людей, а люди, якщо можливо, повинні сховатися в приміщенні або зайняти безпечне місце на галявині, ділянці молодняка, в невеликих складках місцевості на схилі пагорбів, між деревами, що ростуть в 20-25 м один від одного.

Забороняється під час грози ховатися під деревами, притулятися до їх стовбурах, перебувати біля і під ЛЕП, підходити ближче 10 м до окремо розташованих деревах, вишок, стовпів, громовідводи, високим камінню і т.п., перебувати на вершині височини, а також ближче 10 м від машин, механізмів.

НУБІП України

5.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Чокеровщик зобов'язаний оглянути комплект чокерів і несправні здати

для ремонту.

Тракторист повинен поставити трактор на стоянку, опустити бульдозерний відвал, трелювальну арку і щит, заглушити двигун,

загальмувати трактор і оглянути його, проявляючи обережність, в зимовий період злити воду.

Зняти і помістити на збереження спецодяг, взуття та запобіжні пристосування. Переконавшись у відсутності на тілі енцефалітичних кліщів, при наявності-видалити, виконати гігієнічні процедури.

Загасити багаття і присипати їх ґрунтом.

Зауваження про роботу повідомити майстру і занести їх в журнал адміністративно-громадського контролю з охорони праці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У даній частині дипломного проекту розглядається економічне обґрунтування механізації лісових робіт.

У проекті пропонується розробити конструкцій лісової машини для підтягування завислих дерев.

В результаті реалізації проекту очікується:

- зростання продуктивності праці і скорочення чисельності персоналу в результаті заміни ручної праці на механізований;

- зниження поточних витрат на лісові роботи.

При оцінці ефективності використання нової техніки на лісосмузі визначаємо економію за поточними витратами, пов'язаними з виробництвом

лісових робіт, а саме заробітну плату основних виробничих робітників з відрахуваннями і витрати на утримання та експлуатацію обладнання.

Ефективність капітальних вкладень розраховуємо виходячи з прибутку підприємства від реалізації продукції.

Розрахунки ведуться на основі нормативно-довідкових матеріалів.

6.1. Розрахунок фонду заробітної плати на основних, підготовчих та допоміжних роботах

Розрахунок трудовитрат і фонду заробітної плати по кожному виду робіт ведеться в табл. 4.1.

Денні тарифні ставки приймаємо за даними лісогосподарських підприємств відповідно до розрядів робітників. Фонд заробітної плати визначаємо як добуток тарифного фонду на коефіцієнт перерахунку, який за табличними даними в середньому дорівнює 2,58.

НУБІП України

Таблиця 4.1

Розрахунок трудовитрат і фонду заробітної плати

Вид робіт	Обсяг робіт, маш. зм.	Число робітників, які виконують операцію	Трудовитрати, люд. дн.	Денна тарифна ставка, * грн.	Тарифний фонд, тис. грн.	Фонд заробітної плати, тис. грн. **
базовий варіант						
Трельовання	1132	2	2264	46,5	98,5	254,1
Варіант, що проектується						
Трельовання	860	1	860	65,7	56,5	145,8

6.2. Розрахунок потреби і вартості паливно-мастильних і допоміжних матеріалів

Потреба в паливі, мастильних і допоміжних матеріалах і їх вартість розраховується на основі плану використання машин і обладнання в табл.

4.2. Норми витрат палива і мастильних матеріалів приймаємо за даними технічних характеристик обладнання та по [15].

Ціни за паливно-мастильні та допоміжні матеріали приймаємо по даними підприємств.

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розроблено конструкцію тягової лебідки для переміщення сільськогосподарських вантажів. Дана конструкція включає

трельовальний трактор, на якому розміщена лебідка з гідроприводом.

В магістерській роботі проведено огляд способів переміщення деревени та інших сільськогосподарських вантажів в різних умовах, типів тракторів, що застосовуються при переміщенні сільськогосподарських

вантажів, а також особливостей руху базової машини.

На основі аналізу запропонована конструкція лебідки для встановлення на базовому тракторі.

Проведено розрахунки лебідки, а саме вибрано канат, відповідно до вихідних даних, розраховано діаметр барабана лебідки, вибрано гідродвигун, редуктор, муфти та гальма.

Значна увага приділена динамічним дослідженням тягової лебідки та оптимізації режиму її руху, зокрема, показано виконання моделювання

динаміки руху при використанні системного підходу до вирішення поставлених задач.

Системний підхід передбачає послідовний перехід від загального до часткового, коли в основі розгляду лежить мета, причому об'єкт дослідження виділяється з навколишнього середовища і представляється у вигляді

системи, яка з ним взаємодіє.

Системний підхід дозволяє розв'язати проблему побудови складної технічної системи з урахуванням всіх факторів і можливостей, що пропорційні їх значимості, на всіх етапах дослідження системи і побудови її моделі.

Системний підхід означає, що кожна система, в тому числі і технічна, є

інтеграційним цілим навіть тоді, коли вона складається з окремих різнорідних підсистем. Таким чином, в основі системного підходу лежить

розгляд системи як інтеграційного цілого, причому цей розгляд при розробці системи починається з головного: формулювання мети функціонування.

Побудова моделі технічної системи відноситься до числа системних задач, при розв'язуванні яких синтезують розв'язки на базі великої кількості початкових умов. Використання системного підходу в цих умовах дозволяє не тільки побудувати модель реальної системи, але і на базі цієї моделі вибрати необхідну кількість інформації для керування системою, оцінити показники її функціонування і тим самим на базі моделювання знайти найбільш ефективний варіант побудови і оптимальний режим функціонування реальної системи.

У відповідності з системним підходом в процесах створення і дослідження складних технічних систем моделювання їх елементів і функціональних підсистем виконується в декілька етапів і на різних рівнях в залежності від ступеня деталізації системи. Методика моделювання безпосередньо залежить від рівня моделювання. Кожному рівню моделювання ставиться у відповідність певне поняття системи, елемента системи, законів функціонування елементів системи в цілому і дії зовнішніх навантажень.

Так, при моделюванні механізму підйому вантажопідйомного крана на рівні елементів сам механізм виступає як система. Елементами цієї системи виступають складові механізму: двигун; гальмівний пристрій; передаючий механізм; барабанно-канатний механізм; підспасна система; захватний пристрій. Ці елементи зв'язані між собою у відповідності з функціональною схемою механізму підйому. Робота кожного елемента описується відповідною функцією, наприклад, передаючий механізм зменшує частоту обертання вала двигуна при передачі руху до барабана, а барабанно-канатний механізм перетворює обертальний рух барабана в поступальний рух захватного пристрою. Як зовнішні навантаження на цю систему можна розглядати вагу вантажу, вітрові навантаження і рушійний момент на валу двигуна. Розглянутий механізм являє собою динамічну

систему, яка змінює свій стан в часі. Предметом дослідження цієї системи може бути визначення динамічних навантажень в каналі поліспастної системи як функції рушійного (гальмівного) моменту і параметрів механізму.

В залежності від ступеня деталізації опису складних технічних систем та їх елементів можна виділити три основних рівні моделювання.

1. Рівень структурного або імітаційного моделювання складних систем з використанням їх алгоритмічних моделей (моделюючих алгоритмів) і застосування спеціалізованих мов моделювання, теорій множин, алгоритмів, графів, масового обслуговування, статистичного моделювання.

2. Рівень логічного моделювання функціональних схем елементів і вузлів складних систем, моделі яких представляються у вигляді рівнянь безпосередніх зв'язків (логічних рівнянь) і будуються з застосуванням апарату двозначної або багатозначної алгебри логіки.

3. Рівень кількісного моделювання принципів схем елементів складних систем, моделі яких являють собою системи лінійних і нелінійних алгебраїчних, диференціальних або інтегро-диференціальних рівнянь, які досліджуються із застосуванням методів лінійної і нелінійної алгебри, методів функціонального аналізу, теорії ймовірності і математичної статистики.

4. Сукупність моделей технічної системи на структурному, логічному і кількісному рівнях моделювання являють собою ієрархічну систему, яка розкриває взаємозв'язок різних сторін опису технічної системи і забезпечує системний взаємозв'язок елементів і властивостей на всіх стадіях її створення або дослідження. При переході на більш високий рівень абстрагування здійснюється звертання даних про систему, що моделюється, а при переході до більш детального рівня опису - розвертання цих даних.

Аналіз залежностей показує що наша система при розгоні має затухаючий коливальний процес, що затухає приблизно за 3 с.

На фазовій діаграмі показана особлива точка типу центр. Вона свідчить про наявність слабкого демпфування бо спіраль складається з великого числа близько розташованих витків.

Аналізуючи графіки зміни прискорень відмітимо, що коливання в механізмі виникають внаслідок відсутності демпфування і мають виражений характер, вони зберігаються після досягнення вантажем номінальної швидкості. Таким чином, при аналізі динаміки руху необхідно враховувати дисипативні характеристики його елементів, у тому числі і приводного механізму.

Окрема увага приділена охороні праці при роботі в лісі. Наведені вимоги безпеки перед, під час роботи, а також в аварійних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛЕТИРАТУРИ

1. Азаренок В. А., Герц В. Ф., Мехренцев А. В. Сортиментная заготовка леса. - Екатеринбург: УТЛА, 2000. - 130 с.

2. Воевода Д. К., Янович В. В. Механизация пакетирования круглых лесоматериалов на лесных складах / Лесоэксплуатация и лесосклад. Информ. Со.: М.: ВНИИЦЭИ леспром. 1989. вып. 10. - 24 с.

3. Вороницын К. И., Гугелсв С. М. Машинная обрезка су чьев на лесосеке. - М.: Леей, про.м-сть. 1989. - 272 с.

4. Върко М. П. Сухапутны транспарг лесу: Падручжэ для студэнтау ВНУ. - Мн.: БДТУ, 2003. - 493 с.

5. Гороховский К. Ф., Лившиц Н. В. Машины и оборудование лесосечных и лесоскладских работ: Учеб, пособие для вузов. М.: Экология, 1991. - 528 с.

6. Залегаллер Б. Г., Ласточкин П. В., Бойков С. П. Технология и оборудование лесных складов: Учебник для вузов. - 3-е изд. испр. и доп. - М.: Леей, про.м-сть, 1984. - 352 с.

7. Инструкция по организации проведения сплошных рубок главного пользования в лесах Республики Беларусь. - Мн., 1997. - 72 с.

8. Колобов Е. Н. Содействие естественному возобновлению леса. - М.: Леей, про.м-сть. 1980. - 40 с.

9. Коробов В. В., Рушинов Н. П. Использование низкокачественной древесины и древесных отходов. - М.: Леей, про.м-сть, 1987. - 87 с.

10. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. Н. Технология и машины лесосечных работ: Учебник. - М.: Леей, про.м-сть. 1990. - 392 с.

11. Лесной кодексе Республики Беларусь. - Мн., 2000. - 47 с.

12. Матвейко А. П. Малоотходные и безотходные технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности. - Мн., 1999. - 84 с.

13. Матвейко А. П. Производительность валочно-сучкорезно-раскряжевых машин на заготовке сортиментов // Труды Бел. гос. техн. ун-та. - Лесей, и дерево-обработ. пром-сть. - Мн., 2003. - Вып. 11. - С. 24-28.

14. Матвейко А. П. Совершенствование лесозаготовительного производства Беларуси на основе малоотходных технологий и рационального использования древесного сырья: дисс. д-ра техн. наук: 05.21.01 / Бел. гос. техн. ун-т. - Мн., 2003. - 288 с.

15. Матвейко А. П., Федоренчик А. С. Технология и машины лесосечных работ: Учебник для вузов. - Мн.: Технопринт. 2002. - 480 с.

16. Матвейко А. П., Федоренчик А. С., Завойских Г. И. Справочник мастера лесозаготовок. М., 1993. - 286 с.

17. Машины и оборудование лесозаготовок: Справочник / Е. И. Миронов, Д. Б. Рохленко, Л. Н. Бсловзоров, Л. С. Матвеев, Ю. М. Кулагин — М.: Лесей, пром-сть. 1990. - 440 с.

18. Наставление по рубкам ухода в лесах Республики Беларусь. - Мн., 1992. - 47 с.

19. Никишов В. Д. Комплексное псполь юванпс древесины. - М.: Лесей, пром-сть. 1985. - 264 с. 44)

20. Марон Ф. Л., Кузьмин А. В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. Минск, «Высшая школа», 1977.

21. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины: Учеб. для машиностроит. спец. вузов. - 6-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 1985.

22. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / М. П. Александров, Л. Н. Колобов, Н. А. Лобов и др.: - М.: Машиностроение, 1986.

23. Ловейкін В.С. Оптимізація режимів руху машин і механізмів. // Машинознавство. – 1999. – № 7 (25). – С. 24-31.

24. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини. Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 413 с.

25. Обоснование и расчеты параметров грузоподъемных машин: Учебное пособие для вузов / А. И. Барышев, В. А. Будишевский, Н. А.

26. Ловейкін В.С. Моделювання оптимальних режимів підйому та опускання вантажу / В.С. Ловейкін, В.А. Голдун // Збірник наукових праць „Машинобудування”. 2014. – 14. – С. 15-23.

27. Ловейкін В.С. Оптимізація режиму підйому вантажу з транспортного засобу / В.С. Ловейкін, В.А. Голдун // Збірник тез доповідей 75 науково-практичної конференції Київського національного університету будівництва і архітектури (15-18 квітня 2014 року) / Кафедра основ професійного навчання Київського національного університету будівництва і архітектури. – К. 2014. – С. 28-30.

28. Ромасевич Ю.О. Динамічна оптимізація режимів руху механізмів вантажопідйомних машин як мехатронних системи: дис. докт. техн. наук. 05.05.05 / Юрій Олександрович Ромасевич. – О., 2015. – 519 с.

29. Ловейкін В.С., Паламарчук Д.А. Мінімізація коливань вантажу при горизонтальному переміщенні шарнірно-зчленованою стріловою системою крана. // Техніка будівництва. – № 24, 2010 р. – С. 9-17.

30. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Шумілов Г.В. Вплив довжини каната механізму переміщення візка на динаміку одночасної зміни вильоту та підйому вантажу баштового крана. // Науковотехнічний і виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка» – 2011. № 1. – С. 3-13.

31. Ловейкін В.С., Шевчук О.Г. Оптимізація динамічного режиму пуску шарнірно-зчленованої стрілової системи баштового крана. // Техніка будівництва, № 23, 2009 р. – С. 24-29.

32. Ловейкін В.С., Міщук Д.О. Оптимізація режиму руху стрілової системи крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту вантажу під час роботи за двох узагальнених координат. // Техніка будівництва, № 23, 2009 р. – С. 17-23.

33. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин: Учеб. пособие. – Киев: УМК ВО, 1990. – 168 с.

34. Ловейкін, В.С., Ромасевич, Ю.О., Ловейкін, А.В., Муштин, Д.І.: Динамічний аналіз руху механізмів зміни вильоту та повороту баштового крана з балочною стрілою. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1, P. 5-11.

35. Loveikin, V., Romasevych, Y., Kadykalo, I., Liashko, A. Optimization of the swinging mode of the boom crane upon a complex integral criterion. Journal of Theoretical and Applied Mechanics (Bulgaria). 2019. Vol. 49(3), P. 285–296.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України