

НУБІП України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет (ННІ) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

НУБІП України  
ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
Конструювання машин і обладнання  
(назва кафедри)

В.С. Ловейкін  
(ПІБ)  
(підпис)

НУБІП України  
“ ” 2022 р.  
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Оптимізація режиму пуску механізму підйому козлового крану  
для перевантаження сільськогосподарських вантажів

НУБІП України  
Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування  
(код / назва)

НУБІП України  
Гарант освітньої програми  
д.т.н., професор (науковий ступінь та вчене звання)  
Ромасевич Юрій Олександрович (ПІБ)  
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор (науковий ступінь та вчене звання)  
Ловейкін Вячеслав Сергійович (ПІБ)  
(підпис)

НУБІП України  
Виконав  
Дончук Володимир Сергійович (ПІБ студента)  
(підпис)

КИЇВ – 2022

НУБІП України

# НУБІП України

Додаток Д  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
конструювання машин і обладнання  
Д.Т.Н., професор Ловейкін В.С.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ІПБ)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування (код назви)  
Тема магістерської кваліфікаційної роботи Оптимізація режиму пуску механізму  
підйому козлового крану для перевантаження сільськогосподарських вантажів

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2022р. листопад,  
10 \_\_\_\_\_ (рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту магістра)

- 1. Вантажопідйомність козлового крану -10 Т (100 кН).
- 2. Висота підйому вантажу -10м.
- 3. Швидкість підйому вантажу - 0,15м/с.

Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Проаналізувати існуючі конструкції козлових кранів і методи їхнього дослідження. 2. Розробити конструкцію механізму підйому вантажу. 3. Розрахувати механізм підйому вантажу. 4. Розрахувати на міцність деталі механізму підйому вантажу. Провести динамічний аналіз механізму підйому вантажу. Оптимізувати режим пуску механізму підйому вантажу.

Дата видачі завдання “ 28 ” 11 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи  
Ловейкін В.С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання  
Дончук В.С.  
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

## ЗМІСТ

### ЗМІСТ

### РЕФЕРАТ

### ВСТУП

### РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ КРАНІВ

Використання козлових кранів при лісозаготівлі та в лісовому господарстві

Загальні відомості про козлові крани

Класифікація козлових кранів

Аналіз конструкцій складових механізмів козлових кранів

Аналіз досліджень козлових кранів

Види технічного обслуговування які повинен проходити козловий кран

### РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ

### ПІДЙОМУ КОЗЛОВОГО КРАНУ

Вибір поліспада, каната

Розрахунок барабана і блоків

Розрахунок потужності двигуна та вибір редуктора

Перевірка двигуна на нагрівання за еквівалентним навантаженням

Розрахунок гальмівного моменту та вибір гальма

Вибір муфт

### РОЗДІЛ 3. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМА ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ

Визначення параметрів барабанно-канатної системи механізму підйому вантажу вантажопідйомного крана

Кінематичний розрахунок механізму підйому вантажу

Розрахунки моменту інерції барабана

Виконання моделі механізму підйому об'єкта даного крана

Визначення коефіцієнта жорсткості одинарного поліспада кратністю  $m$  в процесі руху

Побудова математичної моделі динаміки руху механізму підйому вантажопідйомного крана

Розробка алгоритму розв'язку системи диференціальних рівнянь динаміки руху механізму підйому у програмі Wolfram Alpha Notebook Edition 13

## РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ

Початок оптимізації

Розробка алгоритму

Підстановка умов залежності

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Загальні положення

Вимоги безпеки перед початком роботи

Вимоги безпеки під час виконання роботи

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

## РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

## Реферат

У магістерській роботі аналізуються конструкції козлових кранів та механізмів, демонструється використання даного типу кранів для різних операцій

вантажопідйому, зокрема під час переміщення довгомірних вантажів, у тому

числі пиломатеріалів. На основі аналізу було розроблено конструкцію

вантажопідйомного механізму та зроблено його розрахунки з урахуванням

міцності окремих частин цього механізму, зокрема канатного барабана, болтів

кріплення каната та ін. Аналіз випробувань козлових кранів. Проведено

динамічний аналіз механізму підйому козлового крана. в якому проведені

кінематичні та динамічні розрахунки механізму підйому. Виявлені коливання

вантажу на гнучкому підвісі. Для усунення коливань в елементі конструкції було

проведено оптимізацію механізму підйому. В результаті проведеної оптимізації

режиму пуску механізму підйому вантажу усунені коливання вантажу і

зменшені динамічні навантаження. Розроблено заходи щодо охорони праці під

час проведення вантажопідйомних робіт великовантажними кранами. При цьому

особлива увага приділяється роботі козлових кранів. Наведено правила

поведінки оперативного персоналу під час роботи мостових кранів з

довгомірними вантажами.

Розраховано економічну рентабельність розробленої конструкції мостового

крана та його вантажопідйомного механізму.

# НУБІП України

## ВСТУП

В процесі проведення передбачається розробити конструкцію козлового крана, а також провести розрахунки на міцність і жорсткість зробити динамічний розрахунок.

Отже, для початку потрібно зрозуміти, що таке козловий кран -це досить ефективно обладнання для підймання та опускання вантажу у великих обсягах, а також його транспортування. Тільки за допомогою якісних та надійних матеріалів та конструкцій, козловий кран може спростити та автоматизувати безліч робочих моментів на виробництві. Відповідні модифікації ставляться дивлячись до типу складності робіт (вага, розміри).

При деяких умовах на великому виробництві для пересування важкого вантаж користуються козловими кранами. Даний кран може не лише обслуговувати майданчики та складські приміщення але і монтаж великих залізобетонних конструкцій. Дані машини наймовірно підходять й для транспортування в металургійних підприємствах для переносу сировини. Козловий кран сконструований саме так, щоб міг переносити із місця стропування до місця вивантаження і назад по колу. Транспортування матеріалу, конструкцій (об'єкту) виконується завдяки деякому механізму – вантажний візок. Козлові крани широко використовуються при перевезенні довгих та великогабаритних вантажів. Такі як лісові, бетонні, промислові матеріали і так далі. Також такі вантажі як наприклад пісок або щебінь(сипучі) транспортується в спеціальних контейнерах

На нашій планеті можна знайти наймовірно багато видів козлових кранів і ще більше модернізацій серед яких бувають навіть із вантажопідйомністю від 3 до 50 тонн та прольоти можуть бути від 10 до 40 м. За допомогою таких

характеристик кранів можуть бути використаними під різні типи задач  
будь то суднобудування або на складських приміщеннях чи на залізницях.

Для виявлення дійсних навантажень в елементах конструкції кранового  
крана і коливань вантажу на гнучкому підвісі проведено динамічний аналіз  
механізму підйому вантажу. Проведений аналіз показав наявність значних  
динамічних навантажень в елементах механізму підйому вантажу.

Для зменшення динамічних навантажень здійснено оптимізацію режиму  
пуску механізму підйому вантажу. В результаті проведеної оптимізації  
мінімізовані динамічні навантаження в механізмі підйому вантажу та усунені  
коливання вантажу при переході на ustalений режим руху.

Проведені заходи з охорони праці і проведено розрахунок з економічної  
доцільності використання кранового крана для транспортування  
сільськогосподарських вантажів на відкритих майданчиках.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ КОЗЛОВИХ КРАНІВ

## 1.1. Аналіз конструкцій механізмів козлових кранів

Козлові крани схожі із мостовими кранами бо компонують в собі три основні операції: підйом, переміщення та опускання. Одна з основних цінностей козлових кранів це те що вони підходять для досить різних галузях. Наприклад складські приміщення чи кораблебудування або залізниця. Звичайно вони використовуються найчастіше на складах зазвичай їх вантажопідйомність приблизно від 4 до 50т із прольотами від 10 до 40 м, середнє значення висоти підйому 12м (-4м). [1]

Основне призначення будівельно-монтажних кранів переважно для монтажу обладнання підприємств, транспортних об'єктів

Будівельно-монтажні крани призначені переважно для монтажу обладнання промислових підприємств, енергетичних установок і збірних транспортних споруд. Саме в цих кранах вантажопідйомність приблизно 300...400т, їх прольоти 60..80м, а висота підйому 20...30м. Завдяки їх конструкції вони можуть швидко перебазуватися на інше місце роботи, прольоту, висоту підйому, але із мінусів вони мають працювати тільки своєю нормою без переробітку. [1]

Багато видів козлових кранів мають міст (прогінна будова), у якого є дві точки опори також він устаткований рейко-колісними ходовими частинами. По рейковому мосту рухається на колесах візок. В залежності від схем мостів відрізняють консольні і безконсольні крани. За допомогою виходу візка на консоль, що в свою чергу дозволяє розташовувати під ним рейкові та безрейкові транспортні дороги. Завдяки даним маніпуляціям можна збільшити площу для зберігання матеріалу(товару). Безконсольні крани звичайно будуть простіші саме по складу конструкції, але розміщення в прольоті транспортних шляхів



часто заважає правильній організації складів а також знижується безпека осіб, які працюють на даних складах.[1]

Крани з одної сторони гнучкими, а іншої сторони жорсткими опорами, як найчастіше за статистикою часто отримують низькочастотні коливання. Якраз навіть цих коливань достатньо щоб сильно вплинути на точність роботи крана в результаті чого ускладнюється робота оператора крана. У більшості кранів міст спирається на двостоякові опори, між якими транспортують вантаж з консолей в проліт, при цьому максимальна довжина вантажу визначається відстанню між стійками опор.[1]

У кранах зі стріловим навантажувальним візком і одностійковими опорами великогабаритні вантажі, що подаються під консолі, розподіляються за шкалою на  $90^\circ$  і незалежно від їх довжини плавно переміщуються прогоновими опорами. За потреби навантаження можна перерозподілити на  $90^\circ$ [1]

Залежно від розташування підйомного механізму по відношенню до гусениць розрізняють крани з підвісними, опорними та консольними вантажними візками. Найбільш простою конструкцією є крани з підвісними монорейковими вантажними візками. Однак при роботі з високою та середньою інтенсивністю згинаються нижні рейки монорейки. Крім того, монорейкові візки не захищені від розгойдування під час роботи. Цих недоліків позбавлені крани з підвісними дворейковими візками, які мають більш складну конструкцію.

Допоміжні візки є найбільш зручними в експлуатації. Крани управляються блоком управління на підлозі через підвісну панель кнопки або з кабіни оператора.[1]

Крани які керуються з низу зазвичай мають проліт не більше 16 м і оснащені електротельфером. При прольотах до 16-25 м кабіни зазвичай монтують на одній із опор або на містку біля опори. Під час великих прольотів підйомники, призначені для перевантажувальних робіт, повинні бути обладнані

пересувними кабінами, які зазвичай переміщуються разом із вантажними візками. Для комфортної роботи оператора.[1]

Залежно від способу монтажу розрізняють крани баштові і без самомонтажу. Більшість кранів самозбірні, з підйомом моста у проектне (робоче) положення за рахунок підтягування опор попарно.[1]

За технологічним процесом це гаківі крани для перевантажувальних робіт, монтажні крани, грейферні крани, контейнерні крани, будівельні крани для обслуговування гідротехнічних споруд та суднобудівні крани.

Лінії електропередач для кранів зазвичай виконуються гнучким кабелем.

Поздовжні пориви вітру небезпечні для козлових кранів уздовж підкранового шляху.

Усі крани мають сигналізатор тиску вітру що має сигнальний блок який сигналізує що вантажний візок від пориву вітру рухається самовільно.

Після спрацювання датчика вмикається попереджувальний сигнал одночасно спрацьовує таймер блокування протиугінних захватів який спрацьовує за(1-3с)

Протиугонні захвати потрібні бути встановлені на всіх кранах для запобігання самовільного руху самого крану а вантажного візка по коліях при великих поривах вітру

Для кранів козлового типу відносяться такі основні групи даних пристроїв: стопери, ручні й приводні рейкові захвати (автоматичного і примусової дії).

Електрична таль - це механізм для підйому і опускання вантажу, а також для переміщення вантажу уздовж моста крана. Крани ККТ-5 обладнають електричної талью (тельфером) Електрична таль складається з двох невідемних частин: механізму підйому і пересування. Механізм підйому влаштований таким

чином, щоб в стислих габаритах можна було заключити необхідну кількість надійних і потужних механізмів. В електродвигун підйому вбудований канатний барабан. Механізм підйому обладнаний двома гальмами, а механізм пересування – обладнаний двома самогальмуючими двигунами спеціальної конструкції. [22,2]

Корпус підйомного механізму виконаний у вигляді труби з привареними фланцями для встановлення з правого боку литого корпусу електрошафи та з лівого боку корпусу (теж литого) редуктора. У корпусі підйомного механізму розташований моторний барабан, виконаний із труби з різбовими канавками під гвинти для одношарового намотування каната. Статор електродвигуна запресований у трубу, вал ротора на опорних підшипниках закріплений у фланці барабана, а фланці, у свою чергу, спираються на більші шарикопідшипники на свердління електрошафи та редуктора. [2]

Вантажопідйомне гальмо працює з шестернею першої передачі коробки передач. Під час роботи електродвигуна зниження навантаження зубчасте колесо трохи обганяє як шестерню, а й кулачкову муфту. У той же час шестерня переміщається вправо за допомогою гвинтових виступів, зменшуючи тиск храпового колеса до такої міри, що воно не дозволяє валу шестерні обертатися швидше, ніж шестерня. Це забезпечує плавний спуск вантажу [2]

Корпус підйомного механізму є трубою з привареними фланцями для кріплення з правого боку литого корпусу електрошафи, і з лівого боку корпусу (теж литого) редуктора. У корпусі підйомного механізму розташований моторний барабан, виконаний із труби з різбовими канавками під гвинти для одношарового намотування каната. Статор електродвигуна запресований у трубу, вал ротора на опорних підшипниках закріплений у фланці барабана, а фланці, у свою чергу, спираються на більші шарикопідшипники на свердління

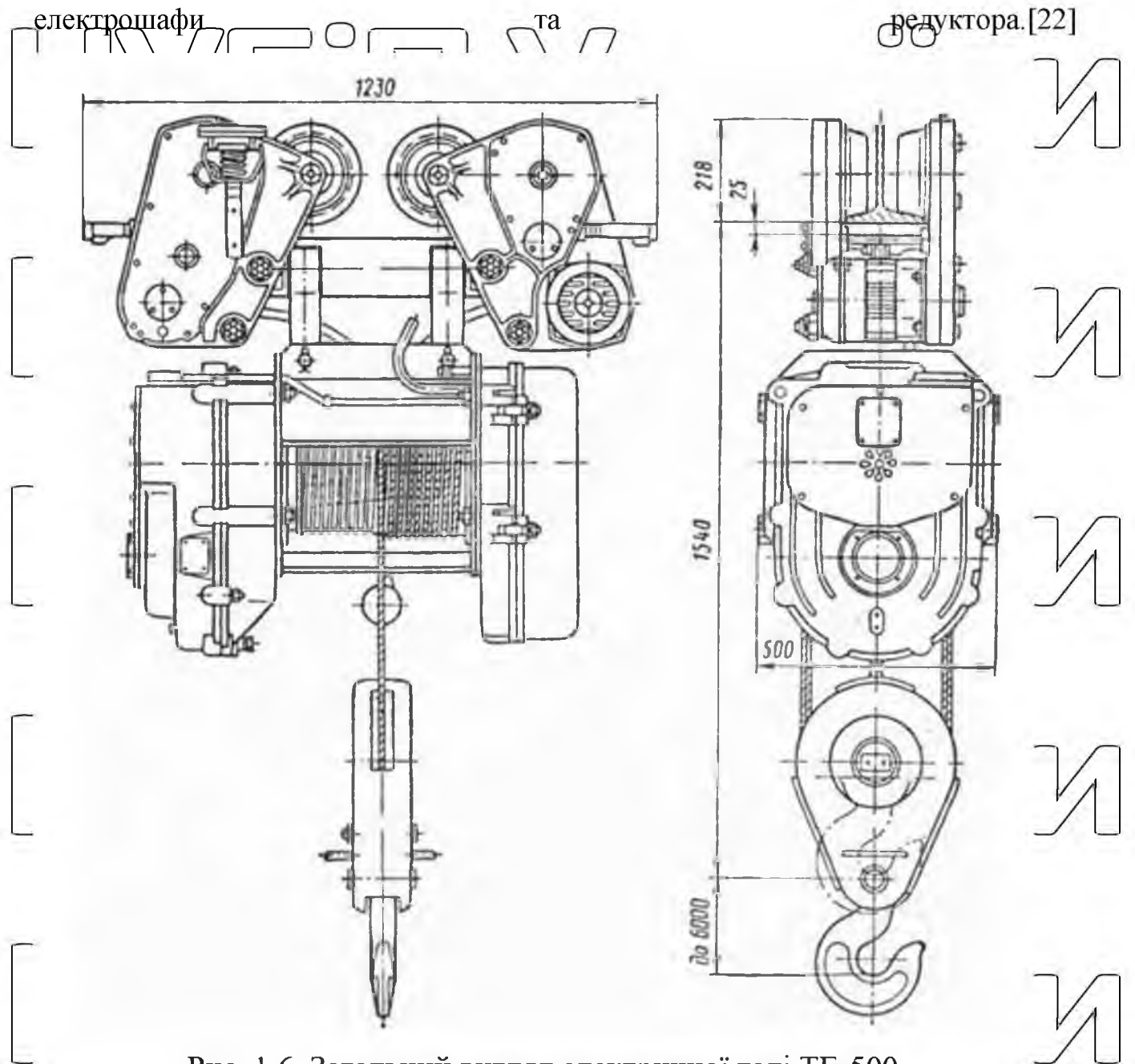


Рис. 1.6. Загальний вигляд електричної талі ТЕ-500

НУБІП України

НУБІП України

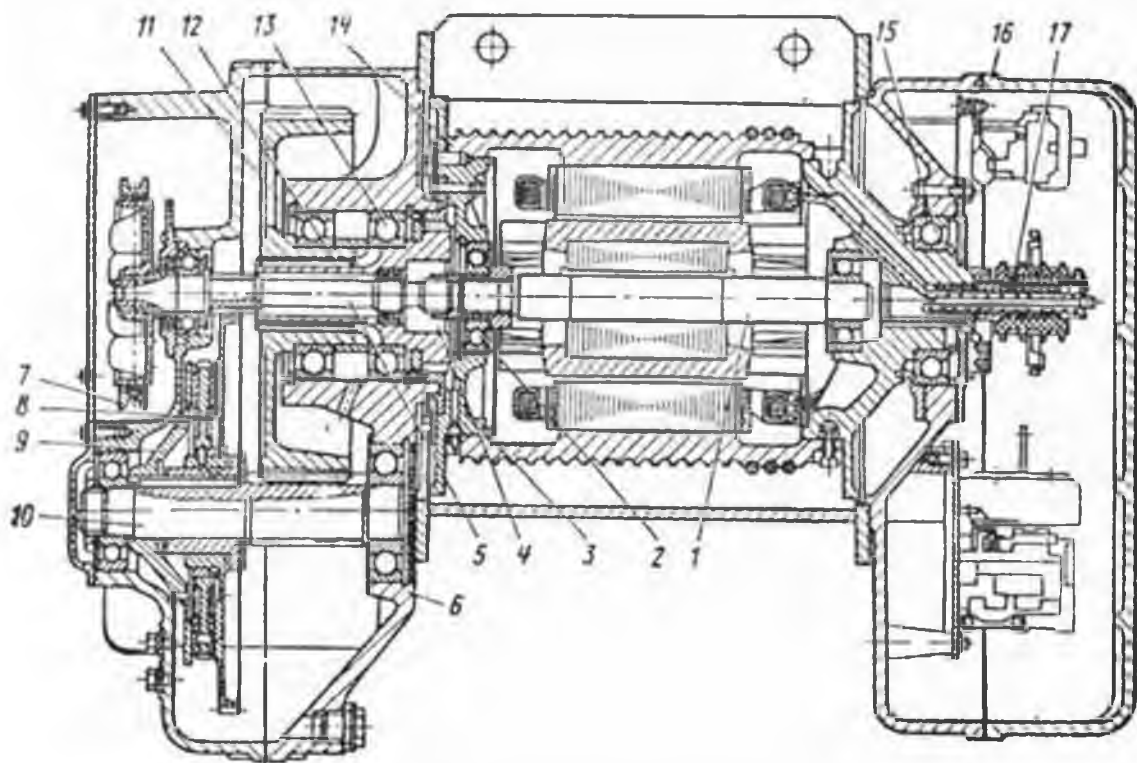


Рис. 1.6. Поздовжній розріз механізму підйому вантажу електроталі:  
 1 - вал двигуна; 2, 13, 15 - однорядні сферичні підшипники; 3 - ступиця вантажного барабана; 4 - шліцеві муфти; 5 - швидкохідний вал-шестерня; 6 - редуктор; 7 - шків стопорного гальма; 8, 11 - зубчасте колесо; 9 - вантажоупорне гальмо; 10 - вал-шестерня редуктора; 12 - муфта; 14 - вантажний барабан; 16 - приладову шафу; 11 - струмознімальний пристрій

Вихідний вал вбудованого електродвигуна передає момент, що крутить, на вал швидкохідного редуктора за допомогою шліцевої муфти; вал-шестірна з'єднаний з проміжним валом-шестірню. Потім момент, що крутить, передається на шестірню, встановлену на повністю шліцевому фланці, з'єднаному з лівим фланцем барабана штифтами.[22]

Правий фланець барабана має кільцевий струмознімач та отвір для проходу введів до рядного пускача електродвигуна. Тут на хомуті робиться паз для фіксації кінця каната за допомогою пристрою, що фіксує.[22]

НУБІП України

Кінець каната, припаяний або відбракований, вводять у кільцеву порожнину між барабаном та його правою полицею до повного вигину кола полиці, потім затискають стопорними болтами. Інший кінець тримаєте у крюкотримачі та прикріпіть клиновим пристроєм до корпусу електротельфера.

Корпус редуктора має складну конфігурацію, що утворює дві порожнини: одну основну, заповнену олією, в якій розміщені шестірні, підшипники валу і робоче гальмо; другий – допоміжний для розміщення супортного гальма з електромагнітом. Для запобігання перегріванню олії з однієї частини корпусу в іншу між ними в отворі для проходу валу швидкохідної передачі передбачені ущільнювальні втулки. Гальмівний шків, встановлений на лівому кінці валу швидкохідної передачі, має крильчатку для циркуляції повітря та відведення тепла від робочої поверхні коробки передач та гальма.

У виїмці редуктора на проміжному валу розташоване гальмо вантажостійке, призначене для надійної підтримки вантажу на куполі і забезпечення плавного опускання вантажу. Вантажопідйомне гальмо працює з шестернею першої передачі коробки передач. Шестерня вільно встановлена на кулачковій втулці, яка, у свою чергу, утримується ключем на валу проміжної шестерні. Гальмівний диск з'єднаний із зубчастим валом тією ж шпонкою. Між зубчастим колесом та опорним диском встановлено храпове колесо з фрикційними накладками, закріплене на ступиці зубчастого колеса на шарикопідшипнику. Храповий механізм вільно підвішений на осі супорта гальма. Кулачкова муфта та шестерня мають гвинтові виступи на кінцевих частинах маточок, які дозволяють цим двом частинам взаємодіяти. При вимкненому електродвигуні та включеному колодковому гальмі швидкохідна шестерня перешкоджає обертанню, а вал проміжної шестерні обертається під навантаженням. Це зміщує шестірню за рахунок гвинтових виступів від виступів кулачкової втулки і ковзанням ліворуч притискає храповик до постійного диска.

Собачка, упираючись у зуби храпового колеса, зупинити всю систему, забезпечуючи надійне утримання вантажу. [22]

Під час роботи електродвигуна зубчасте колесо обертається перед зубчастим валом і таким чином кулачковою муфтою для зменшення навантаження. У той же час шестерня переміщається вправо за допомогою гвинтових виступів, зменшуючи тиск храпового колеса до такої міри, що воно не дозволяє валу шестерні обертатися швидше, ніж шестерня. Це забезпечує плавний спуск вантажу. [22]

У шафі електрообладнання, крім кільцевого струмоприймача, розташовані реверсивні пускачі електродвигунів для підйому вантажу та переміщення талі, кінцеві вимикачі та комплекти затискачів. [22]

Для рівномірного намотування каната вантажний барабан електротельфера має кабелеукладач. У кручений канавці барабана розміщено кільце, що складається з трьох секторів, з'єднаних пружиною. Один із секторів тисне на край корпусу так, що кільце отримує поступальний рух уздовж осі барабана при обертанні барабана за принципом гайки. До кільця гвинтами кріпиться спрямовуюча з роликом для укладання каната. Пружина постійно притискає до барабана два сусідні виски каната. [22]

Стрижень проходить через один із секторів кільцевої гайки, що підтримується одним кінцем скобою, а іншим кінцем входить в електрошафу деки. На стрижні є два упори, що обмежують рух канатоукладача. Коли кільцева гайка досягає упору, стрижень переміщається, впливаючи на кінцевий вимикач, у результаті електродвигун підйомника зупиняється.

Вантажопідйомний механізм підвішений на монорейковому візку, що складається з двох візків. Траверса візка та корпус підйомного механізму з'єднуються двома пальцями, що проходять через отвори в цих вузлах кріплення,

а візки кріпляться до поперечки кульовими шарнірами. Це забезпечує вільний прохід електротельфера на криволінійних ділянках колії [22]

Кожен візок руху складається з двох редукторів, виконаних у литих корпусах і з'єднаних між собою двома тросами. Правий редуктор має фланець для підключення електродвигуна, на валу якого зі шпонкою насаджена швидкохідна шестерня. Вал проміжної шестерні виконаний цільною і передає крутний момент на зубчасте колесо, встановлене на осях опорних котків, за допомогою сателітів, встановлених на шестигранному валу, що з'єднує обидва редуктори. Ролики мають фланці для установки електротельфера на полиці двобалкової монорейки, вони виконані разом з тихохідною вісею редуктора.

Кожен візок має два вільнохідних ролики. [22]

Електроталь ТЕ-500 має кілька модифікацій. Крім ТЕ-500-511, згаданої на початку даного розділу, застосовувалася таль ТЕ-500-911. Основною відмінністю цих виробів є додаткове обладнання, наприклад електродвигуни для руху, окремі підшипники та ін. Вантажний візок крана КНБ-10М змонтований на прямокутній рамі. Двигун МГФ-412-8 потужністю 22 кВт з'єднаний із коробкою передач ПМ-500-25-22М через ланцюгову муфту та проміжний вал. На валу редуктора, що повільно обертається, встановлений завантажувальний барабан діаметром 400 мм, який має на ребрах зустрічні спіральні канавки для одночасного намотування двох поліспастних кранових



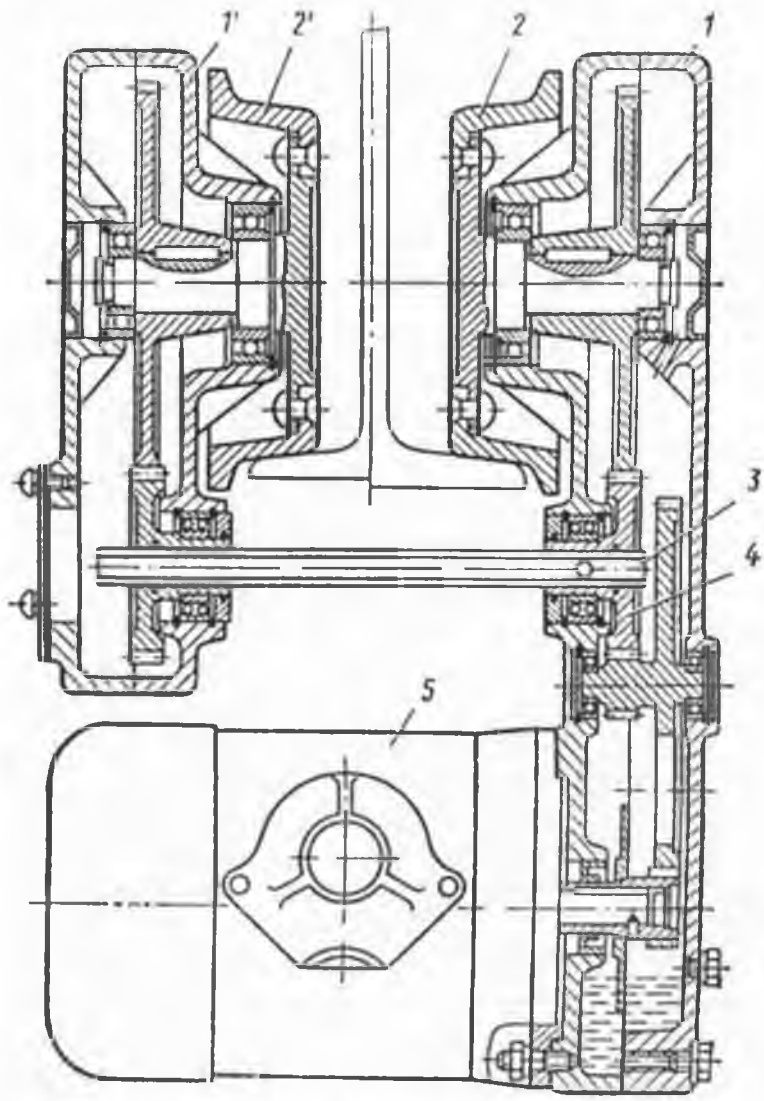


Рис. 1.7. Механізм пересування електродної

НУБІП України

НУБІП України

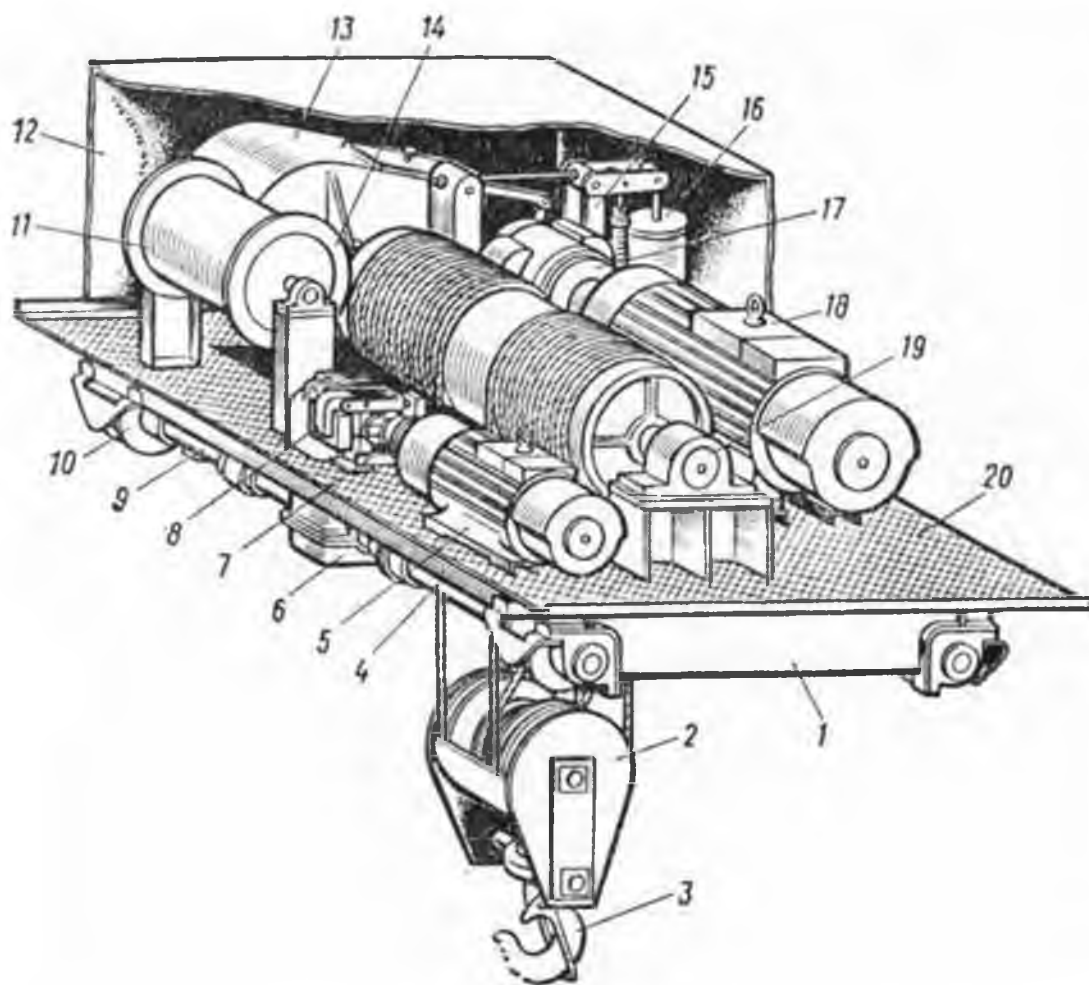


Рис. 1.8. Вантажний візок крана КПБ-10М: 1 - рама; 2 - крюкова обойма; 3 - гак; 4 - ланцюгова муфта; 5 - електродвигун пересування; 6 - редуктор; 7,8 - гальмо; 9 - вісь ковзаник; 10 - каток; 11 - кабельний барабан; 12 - кожух; 13 - редуктор; 14 - вантажний барабан; 15 - гальмівний пристрій; 16 - гідроштовхачі; 17 - ланцюгова муфта; 18 - електродвигун підйому вантажу; 19 - підшипник вантажного барабана; 20 - поміст

Гальмівний барабан діаметром 300 мм з колодковим гальмом ДКТГ-300М, оснащений гідроштовхачем ТГМ-50, встановлений на проміжному валу підйомного механізму на шпонці. В електричний ланцюг гальмівного магніту включений кінцевий вимикач КУ-703, який обмежує висоту підйому гака шляхом відключення ланцюга гальмівного магніту при притисканні корпуса гака кронштейна до важеля вимикача. Рама гака складається з трьох блоків, які намотуються на мотузку пропущену через вирівнюючі блоки на рамі візка.

НУБІП України

Зберігання у дво- та двобалковому підіспасті дозволяє розподілити вагу плавучого вантажу на шість гілок троса діаметром 13,5 м. [22]

Візок рухається рейками Р15 мостовим краном. Два ведучі ролики візка мають загальну вісь, на яку через ланцюгову муфту і редуктор В-350-14 передається крутний момент від електродвигуна МТФ-111-6 потужністю 3,5 кВт. Механізм переміщення оснащений гальмом ТКТ-100. Осі ковзанок встановлені в радіально-сферичних дворядних роликотіщинниках. Відстань між візками 1400 мм, база 1100 мм, вага 4,3 т.

Для подачі електроенергії до електроприводу робочого органу візок крана має тросовий барабан, що обертає паразитний редуктор.

Вантажний візок крана КК-5, як уже говорилося раніше, складається з підйомного механізму, механізму переміщення, тросового датчика, тросового барабана та загального корпусу, змонтованих на зварній рамі з електрода Е50.

Однак у нього є відмінності в дизайні та продуктивності. Канатний барабан рухається електродвигуном МТФ-411-6 потужністю 22 кВт через двоступінчасту циліндричну передачу Ц2-400-25-31МГ і проміжний вал з двома зубчастими муфтами МЗП2-1150. На іншому кінці валу швидкохідного редуктора встановлені гальмівний шків і короткохідне колодкове гальмо ТКГ-300 з гідроштовхаєм ТГМ-50 і системою регулювання. З'єднання барабана з редуктором типове із зубчастою муфтою. На вільному кінці барабана знаходиться ланцюгове колесо для ланцюгового приводу барабана канатного і кінцевий вимикач підйому УБ-150А, пристосований до висоти підйому 9 м. [22]

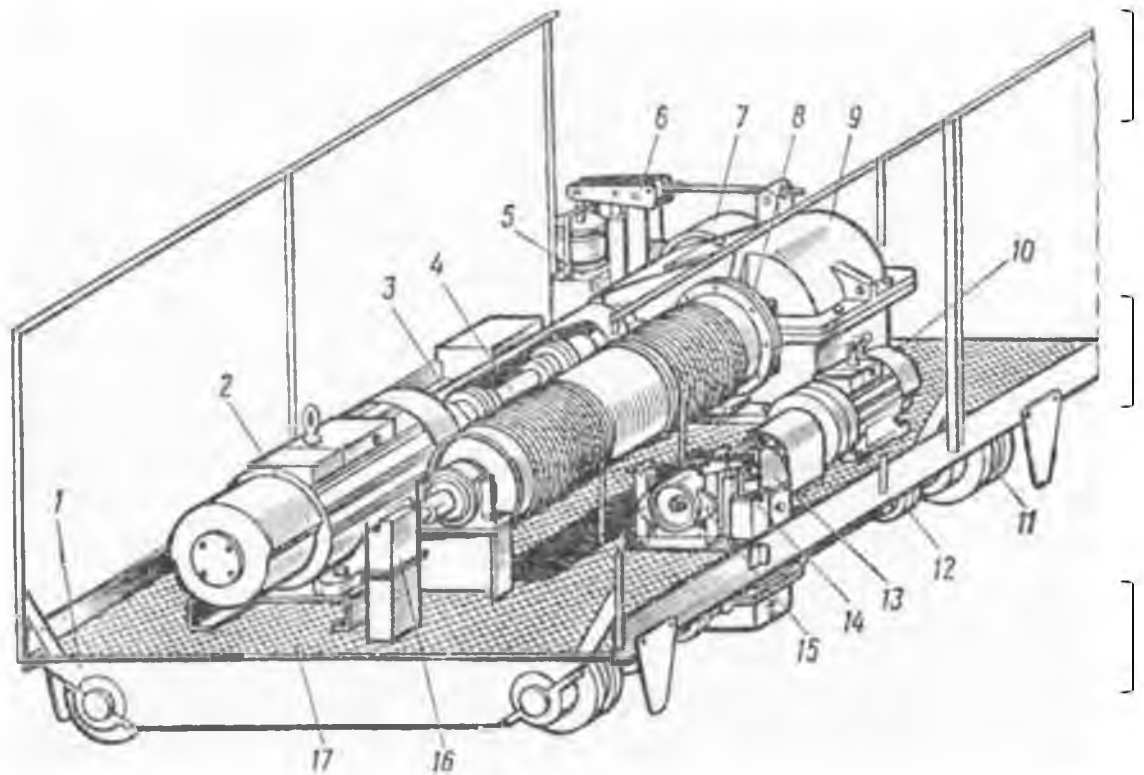


Рис. 1.9. Вантажний візок крана КК-5:

1 - рама; 2 - електродвигун підйому вантажу; 3 - зубчастий муфта; 4 - проміжний вал; 5 - гідроштовхачі; 6 - гальмівний пристрій; 7 - гальмівний шків; 8 - вантажний барабан; 9 - редуктор; 10 - електродвигун пересування; 11 - каток; 12 - зубчастий муфта; 13 - редуктор; 14 - гідроштовхачі; 15 - гальмівний пристрій; 16 - кінцевий вимикач підйому.

Товарний візок оснащений вантажною кліпсою з двома блоками.

Вантажний трос, оперізуючи компенсаційний блок тросового датчика, двома гілками проходить до клемника і симетрично закріплений на двох кінцях барабана, утворюючи подвійний поліп. Компенсаційний блок підвішений на коромислі пружинно-важільного датчика, що має два ступені, виконані у вигляді подвійної пружини та двох кінцевих вимикачів. Перший етап - це керування автостропом при його завантаженні на нього, другий виконує роль встановленого в паспорті обмежувача навантаження.

Механізм пересування товарного візка складається з чотирьох однореберних конічних опорних котків, два з яких рухаються вертикальним редуктором ВК-350-14-3 і електродвигуном МТФ-012-6 потужністю 2,2 кВт.

Редуктор встановлений на рамі візка між провідними колесами, а його тихохідний вал з'єднаний з провідними колесами за допомогою зубчастих муфт.

Шків електрогідравлічного гальма ТКГ-160 оснащений гідрштовханом ТЕГ-16М встановлений на вільному кінці валу швидкохідної коробки передач. Є барабан, що приводиться в рух ланцюговою передачею від вантажного барабана,

для укладання троса Автострапа. На валу кабельного барабана встановлено

пристрій збирання струму, виконаний на основі пристрою збирання струму електродвигуна.

Для захисту механізмів візка від атмосферних опадів встановлений загальний викочування кожух, що має чотири ролики для руху в бік візка і два ролики для руху по рейках. [22]

На одному з кінців візка є кронштейн з роликом для спирання пасм канатної підвіски та незнімна торцева стінка, що є елементом корпусу. [22]

Вантажний візок крана ККС-10 (рис. 15) рухається монорейкою, укладеною вздовж нижньої ферми мосту. Підвішується на монорейці двома парнірними сержками з двома парами чотирьох роликів опор. Кузов візка має зварну із С-профілів конструкцію у вигляді квадратної рами з кутовими стійками. На підставках є опорні ролики, які використовуються для балансування візка при його нахилі. Відстань 2710 мм цих роликів відповідає відстані рейок, встановлених нижньому поясі ферми крана. [22]

Лебідка розвантажувальна у складі електродвигуна МТФ-412-8, проміжного валу з муфтами, редуктора РМ-500-20-31М, гальма ТКГ-300 та завантажувального барабана з струмками на дві гілки каната діаметром 15 мм.

Канат кріпиться до втулок барабана за допомогою гвинтових затискачів. Для

створення поліспасти використовуються два канатні шківни, встановлені на осі симетрії візка. Кінець барабана, звернений до редуктора, спирається на сферичний плаваючий підшипник, встановлений на кінці валу тихохідного редуктора. Цей вал є зубчастою втулкою, яка входить у зачеплення із зубчастим вінцем, прикріпленим болтами до фланця барабана. Кінцевий вимикач підйому вантажу ВУ-150М розташований на протилежному кінці валу барабана.

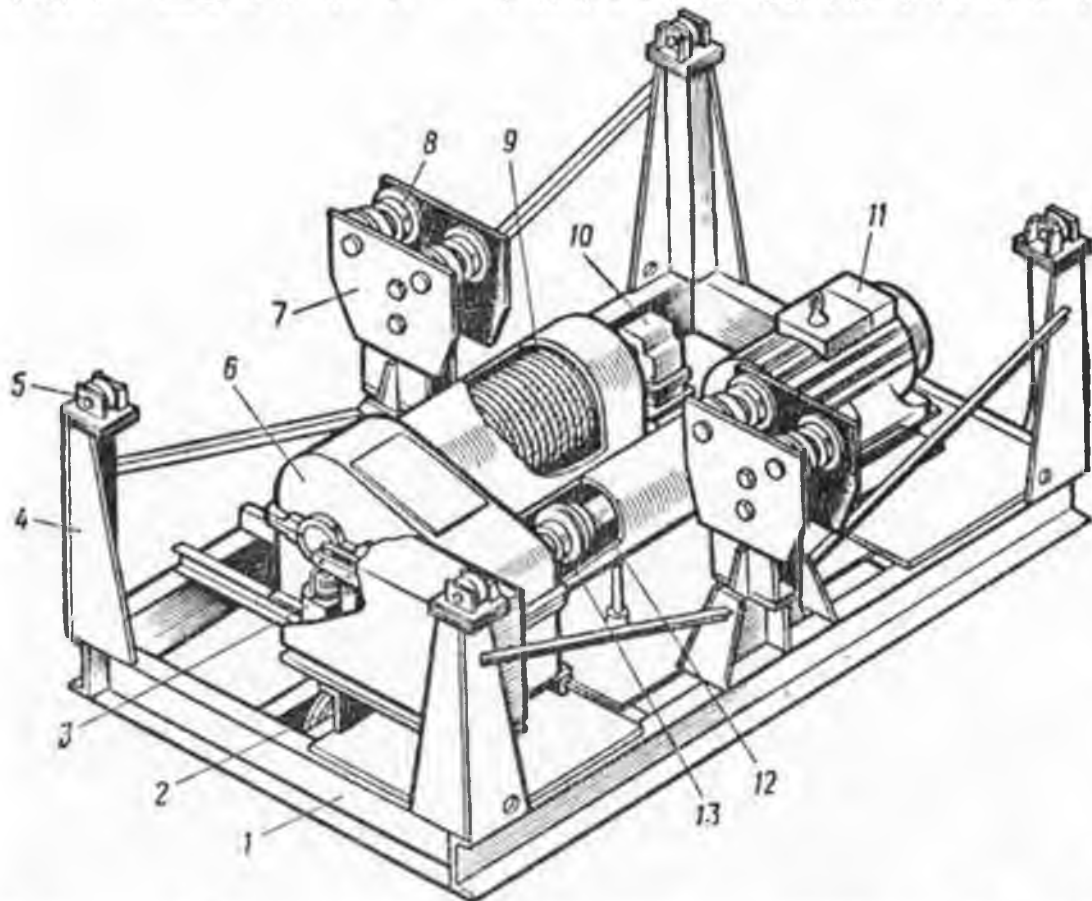


Рис. 1.10. Вантажний візок крана ККС-10:

1 - рама; 2- опінає ролик вантажного поліспасти; 3 - гальмівний пристрій; 4 - стійка балансувальна; 5 - ролик балансира; 6 - редуктор; 7 - цапфа підвіски; 8 - опорний ролик; 9 - вантажний барабан; 10 - кінцевий вимикач підйому; 11- електродвигун підйому вантажу; 12- проміжний вал; 13 – муфта

Вантажний візок крана має кронштейн для кріплення до рухомої рами кабіни машиніста, а також кронштейни для кріплення візка під час збирання, розбирання та навантаження.

Механізм пересування вантажного візка ККС-10 виконаний у вигляді реверсивної лебідки, що закріплена на мосту крана. Два тягові троси прикріплені до краю барабана лебідки. Довгий канат проходить у форму, де спирається на опорні ролики, проходить напрямні блоки та підходить до візка з товаром з правого боку. Короткий канат обходить напрямні блоки і підходить до вантажного візка з лівого боку. При обертанні барабана, має односторонній розріз, один кінець каната намотується, а інший кінець знаходиться у вільних канавках барабана. Товарний візок рухається у правильному напрямку. При зміні напрямку обертання барабана візок рухається у протилежному напрямку.

Лебідка складається з електродвигуна МГФ-111-6, проміжного валу, гальма ТКТ-200, редуктора РПД-350-ПМ та барабана з одностороннім наваженням.

Електродвигуни кранів виробляють відносно невеликий момент, що крутить, але мають високу частоту обертання. Вся трансмісія розташована між електродвигуном та тросом гака, що збільшує зусилля на вантажному гаку приблизно в стільки ж разів за рахунок зниження оборотів двигуна. Для зміни швидкості в електроприводі крана використовуються редуктори (шестірні) та шківні (канатні передачі).[22]

Редуктор складається з одного або кількох валів, встановлених у корпусі на підшипниках кочення. Вали з'єднані один з одним шестернями. Такі сполуки називаються парними, шестерні малого діаметра – шестернями. Насаджуються на вали зі шпоночним або шліцевим з'єднанням, а іноді для створення компактною конструкції виготовляються разом із валом (зубчастим валом).[22]

Кожна шестерня характеризується числом зубів  $Z$  і модулем  $M$  - величиною, отриманою поділом діаметра вихідного кола  $D'$  (мм) на число зубів. Кола, утворені точками контакту шестерень однієї пари, називаються вихідними колами. вказують на кінематичній схемі.[22]

Поліспаєт, як і редуктор, знижує швидкість підйому гака та збільшує підйомну силу вантажозакоплювального органу. Поліспаєт є системою з декількох рухомих і стаціонарних блоків. Головною особливістю цього механізму є множинність. Кількість визначається кількістю гілок каната, куди розподіляється вантажопідйомність, чи кількістю пар гілок у разі подвійного барабана вантажопідйомника (крани КК-5, КПБ-10М і ККС-10). Якщо підйом дорівнює двом, це означає, що швидкість підйому гака буде вдвічі менше швидкості намотування каната на барабан, і, таким чином, вантажопідйомність збільшиться вдвічі.

Аналогічний пристрій мають автокрани КК-5 та КПБ-10М. Двигун з'єднаний з коробкою передач муфтою та проміжним валом, а вихідний вал коробки передач з'єднаний з підйомним барабаном спеціальною зубчастою муфтою. Вантажопідйомний механізм має канатний барабан, який у крана КПБ-10М наводиться в рух парою відкритих зубчастих передач, а у крана КК-5 - ланцюговою передачею. Цей барабан обертається синхронно із завантажувальним барабаном, що забезпечує рівномірний спуск каната із завантажувальним затискачем. Транспортний візок крана КК-5 – подвійний, а кранів КПБ-10М, КК-12,5 та ККС-10 – потрійний. Гакова підвіска на кількох гілках яка в свою чергу створює високий крутний момент що в результаті запобігає перекручуванню талі при повороті вантажу.



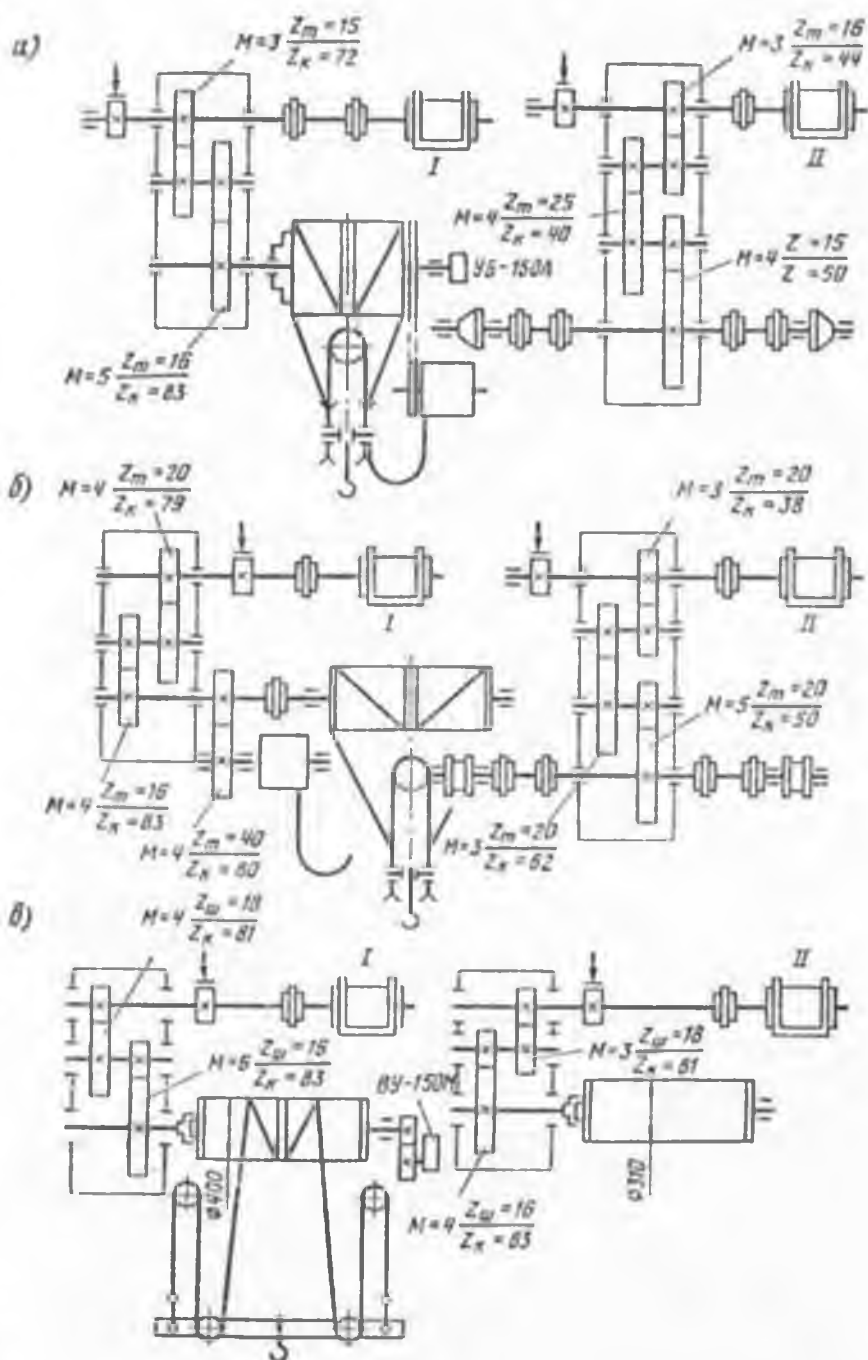


Рис. 1.11. Кінематичні схеми механізмів вантажних візків кранів:  
 а - кран КК-5; б - кран КПБ-10М; в - кран ККС-10; I - механізм підйому вантажу; II - механізм пересування візка

Опорні візки. Козлові крани мають два або чотири приводні опорні візки.

Кожна з них складається з корпусу, електродвигуна, проміжного валу,

редуктора, гальма та кодолок. На деяких вагонах між валом тихохідної коробки і роликками є додаткові пари відкритих шестерень. Кранові візки малої вантажної діючності оснащуються барабанами або блоками для самостійного збирання.[22]

Крановий візок КД-05 являє собою раму яка має схожість із вилкою, до якої приварена площадка для кріплення механізмів: двигуна МТФ-211-6, з'єднаного еластичною муфтою з коробкою передач РЦД-350 і тальмом шоківим з М0. Електромагніт-200В. На валу редуктора, що повільно обертається, встановлено зубчасте колесо, яке пов'язане з колесом, встановленим на осі візка.

На цій осі рухомо встановлені ролик та барабан для самостійного складання. Кран ККТ-5 обладнаний опорним візком, який має плоску зварену раму з фланцем для прикручування візка до трубною опори. Рама має вісі для кріплення

блоків для самостійного складання, монтажних балансувань та рейкових утримувачів. Також є вузол для фіксації осі катка, шайба для кріплення електроприводу, редуктора та гальма. Кранові візки мають електродвигуни МТФ-112-6 потужністю 5 кВт, редуктори Ц2В-200-10-11/22 з колісною базою 325 мм, відкриту передачу з передавальним числом  $i=2,46$  та ТКТ-200. гальмо з

гальмівним моментом 160 кН. Обертання на опорне колесо, закріплене на нерухомій осі підшипниками кочення, передається за допомогою зубчастого вінця.

НУБІП України

НУБІП України

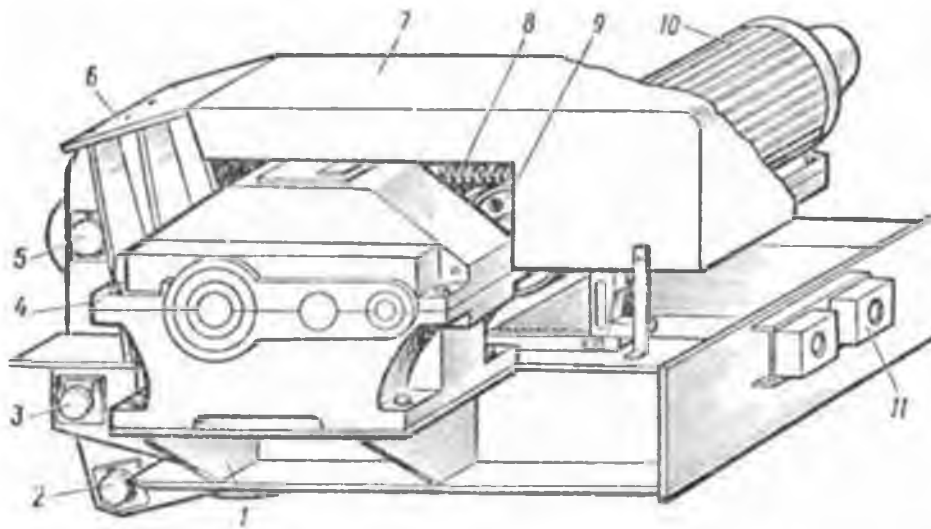


Рис. 1.12. Опорний візок крана ККТ-5: 1-рама; 2 - вісь рейкового захоплення; 3 - вал кріплення опорної стяжки; 4 - редуктор; 5 - вісь монтажних блоків; 6 - плита з'єднання зі стійкою; 7 - кожух; 8 - гальмівний пристрій; 9 - шків; 10 - електродвигун; 11 - гумовий буфер

НУБІП України

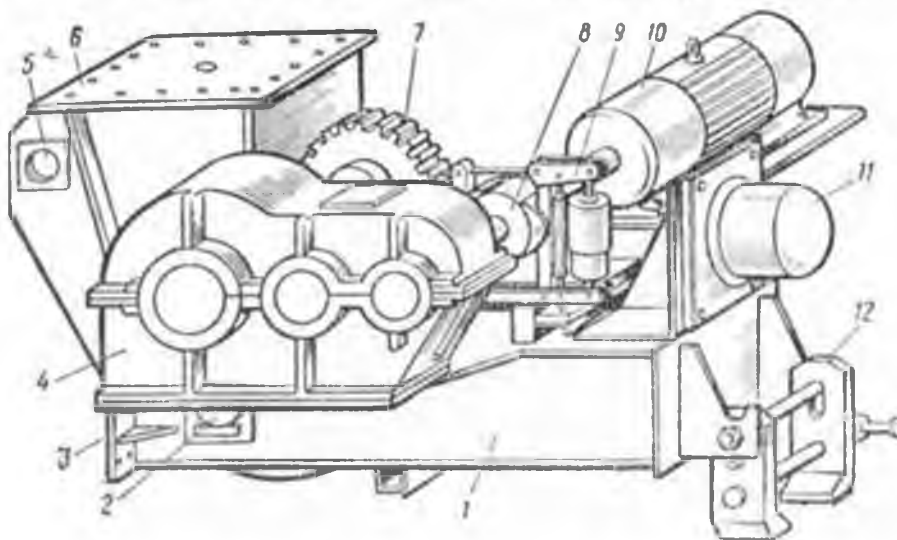


Рис. 1.13. Опорний візок крана КК-5: 1 - рама; 2 - вісь ходового колеса; 3 - фланець опорних стяжок; 4 - редуктор; 5 - цапфа монтажних блоків; 6 - опорна плита; 7 - відкрите зубчасте колесо; 8 - шків; 9 - гальмівний пристрій; 10 - електродвигун; 11 - буфер; 12 - протиугінне захоплення

НУБІП України

Крановий візок КК-5 (рис. 1.13) виконаний у вигляді платформи з опорною тумбою для кріплення опори крана. Циліндричне колесо, що котиться, встановлено на нерухомій осі, прикріпленій до рами за допомогою поперечки.

Електроприводом візка є електродвигун МТФ-211-6 потужністю 7,5 кВт, що працює з горизонтальною двоступінчастою косозубою передачею РЦД-350-10-4 з передавальним числом  $i = 10$ . [22]

Вал швидкохідної коробки передач та вихідний вал двигуна з'єднані ланцюговою муфтою МЗП1-Н35-Н40. Гальмо ТКГ-200 встановлено на іншому кінці валу швидкохідного редуктора, що створює гальмівний момент 250 кН за допомогою гідроштовхача ТЕГ-25. Тихохідний вал шестерного редуктора з'єднаний зубчастою муфтою М34-Н48-Н65 з валом відкритої шестерні, обертання якої передається на вінець опорного колеса, встановленого підшипниками кочення №1. 3622 на осі нерухомої осі візка. [22]

Рама автокрана КДІБ-10М має коробчастий перетин. У передній частині є дві стопорні пластини для гвинтового з'єднання з опорою та балансером. У середній частині рами дві бічні стінки призначені для встановлення опорних напрямних підшипників, а в задній - буферний пристрій та опорний кронштейн. [22]

У передній частині візка разом зі стійкою приварені шпички для кріплення смуги, а в задній частині - ручка затискача рейки та пружинний відбійник. Ручка стійки в положенні спокою може бути повернена на  $180^\circ$  і розміщена в спеціальних вирізах. [22]

На платформі візка встановлено електродвигун МТФ-211-6 потужністю 7,5 кВт, вал якого через пружну муфту з'єднаний із швидкохідним валом редуктора ВК-475-20-23. На шківі зчеплення встановлено колодкове гальмо ТКГ-200М, оснащене гідроштовхачем ТЕГ-25. Редуктор кріпиться під кутом до вертикальної площини рами. Його вал, що повільно обертається, є всією опорною

ковзанки крана, встановленого на двох радіально-сферичних підшипниках. Вал та вісь з'єднані сегментними шпонками. [22]

Каркас кранового візка ККС-10 зварений зі швелерів та товстого сталевого листа у вигляді широкої плити. На плиті є опорна шафа для кріплення опорної стійки. Електропривод монтується на поверхню рами поряд із цоколем.

Електродвигун МТФ-211-6 потужністю 7,5 кВт з'єднаний з коробкою передач ЦЗВ-200-20-11 проміжним валом з еластичною муфтою, на барабані, на якому змонтовано колодкове гальмо ТКГ-200, обладнане з гідравлічним штовхачем ТЕГ-2.

Відкрита циліндрична шестерня, з'єднана із зубчастим валом через зубчасту муфту, служить передачі обертання від валу тихохідного редуктора на вінець опорного ролика. Тут ролик закріплений гвинтами у бокових стінках корпусу, а сам ролик встановлений на осі на підшипниках кочення.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

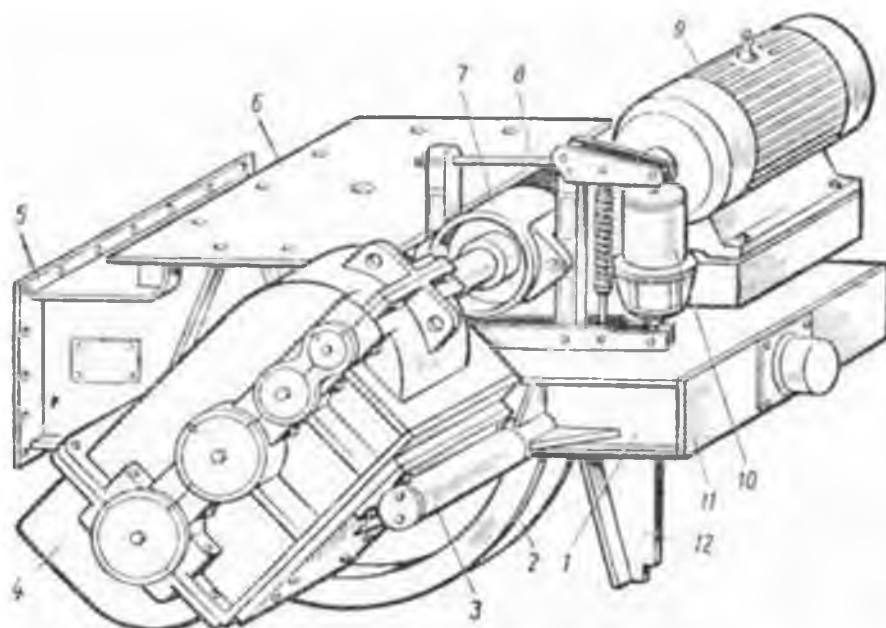


Рис. 1.14. Опорний візок крана КПБ-10М:

1 -рама; 2-ходове колесо; 3 - шарнірні підвіски редуктора; 4 - редуктор; 5 - фланець для кріплення опорної стяжки; 6 - опорна плита; 7 - шків; 8 - гальмівний пристрій; 9 - електродвигун; 10 - гідроштовхачі, 11 - буфер; 12 - запобіжні опори.

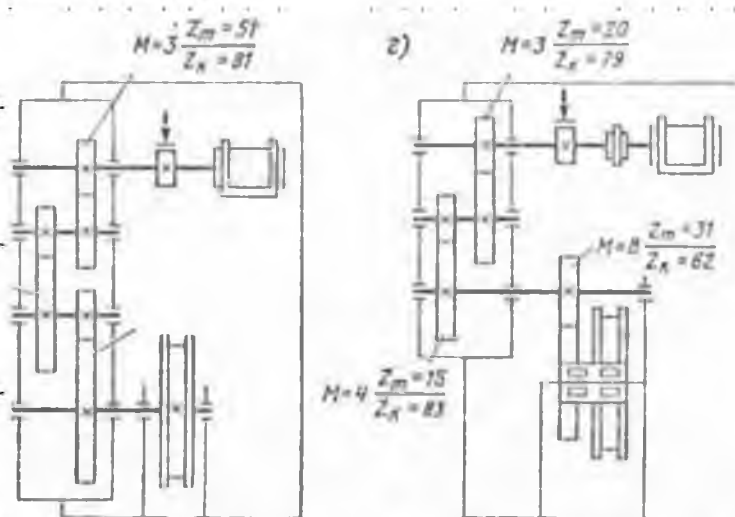


Рис. 1.15. Кінематичні схеми опорно приводних візків кранів: а -КПБ-10М; г -ККС-10.

Із однієї частини рами візка маємо шарнір для монтування балансира, а іншої частини - кронштейн для монтування пристрою проти захоплення.

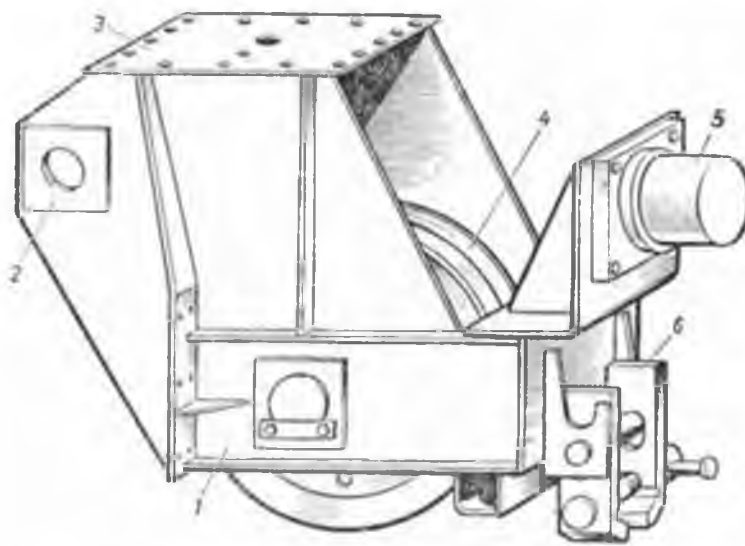


Рис. 1.16. Холостий візок крана КК-5: 1-корпус; 2-цапфа балансира; 3 - опорний фланець стійки; 4- каток; 5 - буфер; 6 - рейкове захоплення

Кінематичні схеми опорних кранових візків наведено на рис. 1.15.

Опорні візки холостого ходу крана мають просту конструкцію. Їхні каркаси зазвичай зварюються з товстостінної сталі. У верхній частині корпусу візка є опорна плита або фланець для з'єднання з опорною рамою, а в нижній частині, як правило, складається з двох б'єних стінок з ребрами жорсткості, змонтована вісь ролика. Зазвичай на кінці цієї осі монтується прес-відстійник, через який каналом в порожнину підшипників кочення подається мастило.

Невантажені візки деяких козлових кранів оснащені гвинтовими затискачами для фіксації крана на стоянці.

Кожен опорний візок крана (провідна та холостого ходу) оснащений опорним кронштейном, розрахованим на максимальне навантаження у разі пробуксування опорного колеса або поломки осі. Щоб уникнути значної динамічної сили, зазор між опорною поверхнею кронштейна і рейкою не

повинен перевищувати 20 мм. Кронштейн також служить скребком для запобігання попаданню сторонніх предметів під вал. [22]

# НУБІП України

## 1.2. Аналіз досліджень козлових кранів, механізмів підйому

Розглянувши та проаналізувавши багато досліджень козлових кранів, мушу зазначити, що при монографічному аналізі і аналізів приводу. [27]

Для підвищення надійності та більш довгого користування були розроблені роликові конструкції. [27]

Після кінцевого формування роликової конструкції із індивідуальним приводом для створення будівельних виробів. [27]

Які в свою чергу рівномірно розподіляють енергію в внутрішній частині візка. Далі було запропоновано в даній установці на три та чотири візки зробити врівноваження. [27]

Усі конструкції в моєму аналізі були захищені патентами України на винаходи та корисні моделі. [27]

Також мушу зазначити скурпульозно чіткі і важливі на мою думку розрахунки, розробка математичної моделі динаміки. Були розроблені графіки зміни кінетичної енергії та сили опору (за окремий час), зведених до валу обертання.

Далі дивлячись по графікам був проведений порівняльний аналіз із різними приводами. [27]

Після почалися роботи з оптимізації. Було оптимізовано характеристики приводу за інтегральними динамічними критеріями. [27]

Потім спеціально було розроблено розрахункову схему навантаження на кожен візок та механізм приводу. [27]

У послідовності чого було визначено навантаження в окремих елементах даної конструкції. Далі було визначено мінімум максимального значення загальної потужності на кожний візок. [27]

# НУБІП України



Були також приведені принципи роботи мехатронної системи керування козловим краном, у якого робоче місце на складах лісоматеріалів. Він полегшує роботу працівників виконую деякий цикл робіт по перевантаженню деревини з вбудованими оптимальними режимами руху переміщення візка. [27]

Рекомендації були для покращення конструкції грейферних тримачів для деревини, які дають змогу першочергово зменшити їх енергоємність технологічного процесу, також збільшення строку служби та перешкодження передчасного руйнування механізмів приводу і конструкцій, а саме через зменшення динамічних навантажень системи. [27]

Дана конструкція з покращенням електрогідравлічного грейфера для деревини, яка являє собою мехатронну систему з мікроконтролером, на якому встановлений розроблений оптимальний динамічний закон руху. [27]

Мікроконтролер із частотним перетворювачем дають необхідний режим для руху захвата, який уже дає в свою чергу можливість уникнути динамічних навантажень за рахунок плавних перепадів тиску по даній системі. [27]

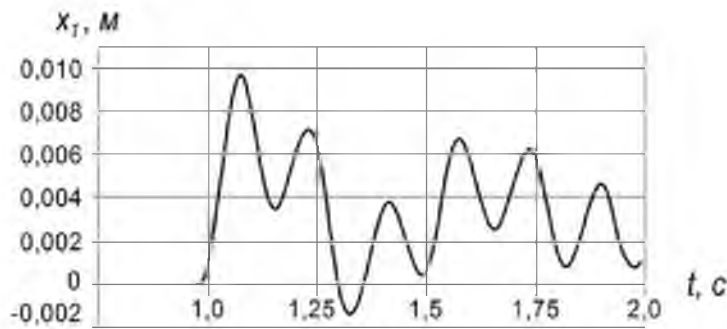
Був виконаний розрахунок- економічний ефект від впровадження системи керування козловим краном з грейферним захватом для колод. У цей розрахунок було покладено збільшення продуктивності роботи крана за рахунок зменшення його часу виконання перевантажувальних робіт та економії електроенергії. Економічний ефект від початку впровадження одного крана із опцією мехатронною системою керування складає 50568 грн/рік [27]

Також хочу виділити цікаві розділи в дослідженні. Один з них це (Аналіз динаміки руху системи «лебідка – канат – вантаж»). Тут ви зможете побачити графіки (переміщення, лінійної швидкості та прискорення) [27]

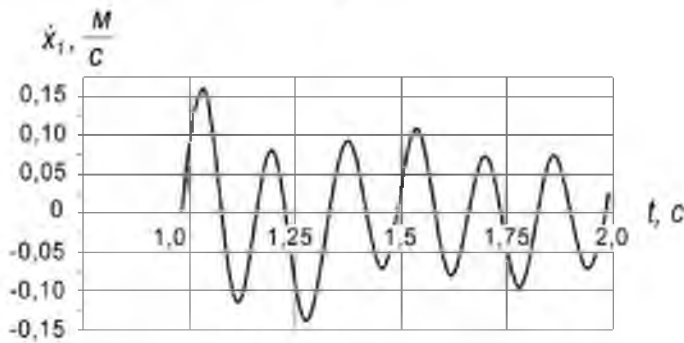
НУБІП України

НУБІП України

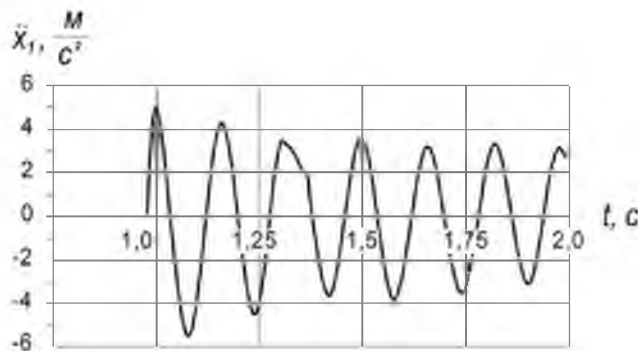
НУБІП України



а



б



в

Рис. 3.5. Кінематичні характеристики візка:

а – переміщення; б – лінійна швидкість; в – лінійне прискорення.

Також були проведені деякі операції по роботі КЛ при трелюванні деревини в умовах рівнинної місцевості розглянуто наступні аспекти:

- розроблено динамічну тримасову модель системи «середка-канат-вантаж».
- вперше було створено математичну модель роботи системи із врахуванням особливостей усіх аспектів руху для кожної з мас. [27]

Для цього перехідний режим руху КЛ розділено на 4 основні етапи, для кожного

з яких індивідуально було створено рівняння руху, причому кінцеві умови кожного етапу є

початковими для наступного.

— за допомогою розробленої математичної моделі проведені розрахунки конкретної КЛ із гідравлічним двигуном об'ємного регулювання.

— за результатами розв'язку рівнянь отримано динамічні та кінематичні характеристики системи. З аналізу динамічних характеристик системи встановлено, що пікові навантаження в тяговому канаті перевищують ustaleni значення в 2,1 рази, а в розтяжці – в 3,3 рази. Це призводить

до перевантаження та надмірної вібрації елементів привода, і є причиною руйнування канатів та травмування оператора. Саме тому для забезпечення максимальної продуктивності та безпечних умов роботи доцільно використовувати оптимальні режими роботи КЛ [27]

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України 1

## 2. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ КОЗЛОВОГО КРАНУ

### 2.1. Вибір поліспасти, каната

Розрахунок на механізм підйому, до складу якого входять барабан, редуктор, електродвигун, гальма, вали, муфти, вантажний поліспасти та гакова підвіска (рис. 2.1).

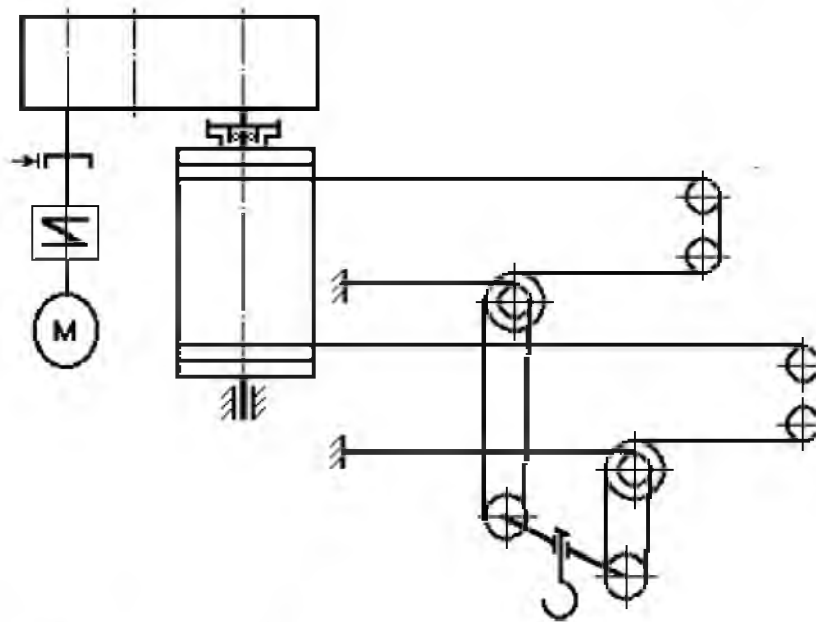


Рис. 2.1. Механізм підйому

У механізмах підйому козлових кранів як зазвичай застосовують здвоєні поліспасти, які в свою чергу дають вертикальне переміщення вантажу при руху (підніманні та опусканні), однакове навантаження на підшипники блоків та на кодових колесах пересувного візка.

Для крана вантажопідйомністю 100 кН за табл. 2.1 обираємо здвоєний поліспасти ( $a=2$ ) кратністю  $u=2$ .

Таблиця 2.1

Кратність поліспасти у механізмі підйому  $u$  при різних вантажопідйомних

масах

Характер навивки каната	Тип поліспасти	$u$ при вантажопідйомності, кН				
		до 10	20...60	100...150	200...300	400...500
на барабан		2	3	4	5	6
Через направляючий блок	Здвоєний	2	2	2; 3	3; 4	4; 5
	Простий	1	2	-	-	-

Максимальна допустима напруга у канаті, який буде намотується на барабан,

$$S_{max} = \frac{Q \cdot 10^3}{u a \eta_n} = \frac{100 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 0,899} = 27809 \text{ Н}$$

де  $\eta_n$  - ККД поліспасти з урахуванням відхиляючих блоків на шляху до барабана. При збіганні каната із нерухомого блока.

$$\eta_n = \frac{(1 - \eta_6^m) \eta_6}{(1 - \eta_6) u} = \frac{(1 - 0,97^2) \cdot 0,97}{(1 - 0,97) \cdot 2} = 0,97^2 = 0,899$$

 $\eta_6$  - ККД блока з урахуванням жорсткості каната; приймаємо для блока напідшипниках ковзання  $=0,95-0,96$  та на підшипниках кочення  $=0,97-0,98$ ; $m$  – загальна кількість відхиляючих блоків. За рис. 2.1  $m=2$ .

Розрахунок при якому навантаженні може бути розрив каната

$$S_p \geq S_{max} n_k = 27809 \cdot 5,5 = 152950 \text{ Н}$$

де  $n_k$  - коефіцієнт запасу міцності у канаті (табл. 2.2).

НУБІП України

Таблиця 2.2

## Коефіцієнт запасу міцності канатів

Канат	Тип приводу і режим роботи	
Вантажні та стрілові	Ручний 1М	4,0
Тягові канати	Машинний	5,0
	3М	5,5
	4М	6,0
	5М, 6М	4,0

Із даних таблиць (додаток. I [1], VI [2]) вибираємо канат сталевий подвійного переплітання, наприклад ЛК-3, конструкції 6x25 (1+6;6+12)+1o.o. ГОСТ 7665-80, діаметром якого є  $d_k = 17,5$  мм при розрахунковій межі міцності дротинок  $s=1568$  МПа і розривним зусиллям  $S_p=153500$  Н. (Канат 17,5-В-І-Н-1568 ГОСТ 7665-80).[23]

## 2.2. Розрахунок блоків та барабана

Мінімальний діаметр блока та барабана по центру навитого каната визначається з рекомендацій [23]

$D_{min} \geq e d_k = 25 \cdot 17,5 = 437,5$  мм,  
де  $e$  - мінімальне співвідношення діаметра барабана чи блока до діаметра каната (табл. 2.3).

# НУБІП України

# НУБІП України

Таблиця 3

Найменші допустимі значення коефіцієнта  $e$ 

Тип машини	Тип приводу і режим роботи	$e$
Вантажопідйомні машини всіх типів, за винятком стрілових	Ручний 1М	18
	Машинний	20
	3М	25
	4М	30

Діаметр блока і барабана із найнижчої точки (канавки) вирізаного місця під канат

$$D \geq (e - 1)d_k = (25 - 1) \cdot 17,5 = 420 \text{ мм.}$$

Діаметр блока гакової підвіски (по центру намотаного каната) приймаємо

$$D_6 = 450 \text{ мм.}$$

Діаметр барабана якщо заміряти у самій тонкій точці по дну канавки то можна прийняти на 15% меншим від розрахункового, а його значення потрібно звести до стандартного розміру, мм: 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 35; 38; 40; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 78; 80; 85; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1060; 1120; 1180; 1250; 1320; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000.

Діаметр вирівнюючого блока  $D_B = (0,6 \dots 0,8)D_6$  мм. Приймаємо

$$D_B = 0,8D_6 = 0,8 \cdot 450 = 360 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо  $D = 400$  мм.

Тоді розрахунковий діаметр барабана (по центру намотаного каната)

$$D_P = D + d_k = 400 + 17,5 = 417,5 \text{ мм}$$

Барабан приймаємо нарізним, із нарізками з обох сторін.

Довжина каната, навитого на одну половину барабана,

$$L_k = H_u = 12 \cdot 2 = 24 \text{ м.}$$

Число нарізаних витків (канавок під канат) на одній частині барабана

$$z = \frac{L_k}{\pi D_p} + z_{\text{зап}} = \frac{24}{3,14 \cdot 0,4175} + 2 = 20$$

де  $z_{\text{зап}} = (1,5 \dots 2)$  - кількість запасних витків.

Довжина нарізаних витків на одній частині барабана

$$l_H = z t_H = 20 \cdot 20 = 400 \text{ мм,}$$

де  $t_H$  - крок нарізки;  $t_H = d_k + (2 \dots 3) = 17,5 + (2 \dots 3) = 20$  мм.

Довжина барабана

$$L_G = 2(l_H + l_3) + l_r = 2(400 + 80) + 100 = 1060 \text{ мм,}$$

Де  $l_3$  - довжина кожної сторони барабана, яка потрібна для закріплення каната,

$$l_3 = 4 t_H = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм,}$$

$l_r$  - довжина між лівою та правою канавкою. При деяких випадках, коли

відхиляючі блоки розташовані не далеко від барабана, визначають саме за такою

формулою

$$l_r = b - 2 h_{\min} \operatorname{tg} \alpha = 266 - 2 \cdot 1200 \cdot \operatorname{tg} 4^\circ = 98 \text{ мм,}$$

Приймаємо  $l_r = 100$  мм;

$b$  - Найбільша відстань від площини, яка проходить через блок, і площиною, яка проходить через останній виток на барабані. Орієнтовно відстань  $b$  можна приймати рівною відстані між осями крайніх блоків крюкової підвіски (дод. XI

[1]). Обираємо  $b = 266$  мм;

$h_{\min}$  - мінімальна відстань від одної вісі барабана і до другої вісі блоків;

$$h_{\min} \approx (1,5 \dots 3) D = 3 \cdot 600 = 1200 \text{ мм,}$$



а - допустимий кут похибки каната, який намотується на барабан від осі канавки барабана  $\alpha = 4...6^\circ$ .

Барабану нас буде відлитий із чавуну СЧ 15-32 з межею міцності на стискання  $\sigma_B = 700$  МПа. Зроблений під замовлення

Товщину стінки барабана визначаємо за розрахунками на стискання за формулою

$$\delta = \frac{S_{\max}}{t_n [\sigma_{\text{ст}}]} = \frac{25381}{20 \cdot 165} = 7,69 \text{ мм,}$$

$$\text{де } [\sigma_{\text{ст}}] = \frac{\sigma_B}{k} = \frac{700}{4,25} = 165 \text{ МПа;}$$

k - коефіцієнт запасу міцності;  $k=4,25$ . (для гакових кранів)

З умови технології виготовлення литих барабанів товщина стінки не має бути менше ніж 12 мм і може бути визначена за такими формулами:

для виробів із чавуну  $\delta = 0,02D + (6...10)$  мм;

для виробів із сталі  $\delta = 0,01D + 3$  мм.

Довжина стінки барабана визначається залежністю

$$d = 0,02D + 7 = 0,02 \times 400 + 7 = 15 \text{ мм.}$$

Барабани які широко використовуються в підйманні вантажу 5-ї та 6-ї груп режиму роботи, та які установлені на металургійних заводах для транспортуванні розплавлених металів та інших небезпечних вантажів виготовляють виключно із сталі. А матеріалом для створення саме таких барабанів може бути найчастіше ливарна сталь марок 25Л, 35Л2 з межею міцності при розриві  $=500$  МПа або листова сталь але це тільки для зварних барабанів марки не нижче ніж ВСтЗсп із межею міцності не менше від  $=380...400$  МПа.

### 2.3. Обчислення потужності двигуна та вибір редуктора

Потужність двигуна при підйомі номінального вантажу визначається за формулою

$$N_p = \frac{Qv}{\eta_m} = \frac{100 \cdot 0,16}{0,85} = 18,8 \text{ кВт,}$$

де  $\eta_m$  - ККД механізму підйому, приймаємо  $=0,85$ .

Насамперед, до перевірки двигуна на нагрівання, приймаємо двигун меншої потужності. Вибираємо електродвигун змінного струму з фазовим ротором типу МТФ411-8 потужністю  $N=18$  кВт, і рекомендованою частотою

обертання  $n=700$  об/хв ( $\omega = \frac{\pi n}{30} = 73,3$  рад/с) із максимальним моментом  $M_{п.маx} = 580$  Н×м та моментом інерції ротора  $J_p = 0,547$  кг×м<sup>2</sup>.

Номінальний момент на валу двигуна має вигляд

$$M_{ном} = 9750 \frac{N}{n} = 9750 \frac{18}{700} = 250 \text{ Н×м,}$$

Співвідношення максимального моменту до номінального визначається наступною залежністю

$$\psi_{п.маx} = \frac{M_{п.маx}}{M_{ном}} = \frac{580}{250} = 2,32$$

Розрахункове передаточне число редуктора визначається за формулою

$$u_{р.р} = \frac{n}{n_б} = \frac{700}{14,65} = 47,78$$

де  $n_б$  - частота обертання барабана,

$$n_б = \frac{60v_и}{\pi D_p} = \frac{60 \cdot 0,16 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,4175} = 14,65 \text{ об/хв.}$$

НУБІП України

Підбір редуктора потрібно виконувати дивлячись на розрахунки потужності, частоти обертання двигуна, передаточного числа та режиму роботи.

Табличне значення передаточного числа вибраного редуктора не повинно відрізнятись від розрахункового більше ніж на 15%. Якщо ця умова не виконана

обрати редуктор можна іншого типу або і взагалі у кінематичну схему можна

ввести зубчасту передачу. Редуктор вибираємо типу Ц2-500-50,94-4М (спільна

міжосьова відстань  $A=500$  мм, передаточне число  $u_p = 50,94$ , вал тихохідний із

кінцем під зубчасту муфту).

Допустима величина моменту, що передається редуктором визначається

залежністю

$$M_{ред} = \frac{N_{ред}}{n} = \frac{1,6 \cdot 9750 \cdot 34,6}{700} = 771 \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

де  $N_{ред} = 34,6$  кВт - табличне значення потужності при режимі роботи 4М і 700 об/хв (визначено для  $n=700$  об/хв інтерполяцією);

$u$  - кратність пускового моменту, який можемо обрати в залежності від режиму роботи за табл.2.4.

Таблиця 2.4

Значення кратності пускового моменту  $u$

Група режиму роботи механізму	3М	4М	5М	6М
$u$	1,25	1,6	2,0	2,5

Середній момент електродвигуна під час запуску

$$M_{п.ср} = \frac{M_{п.мах} + M_{п.мін}}{2} = \frac{2,32M_{ном} + 1,11M_{ном}}{2} = 1,71 \cdot 250 = 427,5 \text{ Нм,}$$

де  $\psi_{мін}$  - кратність мінімального пускового моменту,  $=1,1 \dots 1,4$ .

Якщо  $M_{п.ср} = 472,5 < M_{ред} = 771$ , то редуктор задовольняє умови перевантаження двигуна в момент запуску.

Швидкість підймання вантажу має вигляд

$$v_{ф} = v \frac{u_{р.р}}{u_p} = 0,16 \frac{47,78}{50,94} = 0,15 \text{ м/с}$$

Статичний момент на валу двигуна при підйомі вантажу визначається залежністю

$$M_{с.п} = \frac{S_{\max} \cdot a \cdot D_p}{2 u_p \eta_m} = \frac{27809 \cdot 2 \cdot 0,4175}{2 \cdot 50,94 \cdot 0,85} = 268,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зусилля в канаті, що з'являється з барабана при опусканні вантажу визначається за формулою,

$$S_{оп} = \frac{Q}{2 u_a \eta_m} = \frac{100 \cdot 10^3}{2 \cdot 2 \cdot 0,85} = 21250 \text{ Н}$$

Статичний момент на валу двигуна при опусканні вантажу визначається залежністю

$$M_{с.оп} = \frac{S_{оп} \cdot a \cdot D_p \cdot \eta_m}{2 u_p} = \frac{21250 \cdot 2 \cdot 0,4175 \cdot 0,85}{2 \cdot 50,94} = 148 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Час запуску при підйманні та опусканні вантажу, с, визначається так

$$t_{п} = \frac{J_{пр} \omega}{M_{п.ср} \pm M_{ст}}$$

де  $J_{пр}$  - момент інерції рухомого вантажу приводу;

$\omega$  - кутова швидкість обертання ротора електродвигуна;

$M_{ст}$  - статичний момент на валу двигуна при підйомі та опусканні вантажу;

$$M_{ст} = M_{с.п} \text{ або } M_{ст} = M_{с.оп} .$$

Знак "-" відповідає за підйомну частину вантажу, знак "+" при опусканні вантажу.

Момент інерції,  $кг \times м^2$ , рухомих мас механізму, приведений до вала двигуна визначається за формулою

$$J_{пр} = \delta(J_p + J_M) + \frac{mR_b^2}{u_M^2 i_M}$$

де - момент інерції ротора електродвигуна,  $=0,547 \text{ кг} \times м^2$  ;

$J_M$  - момент інерції зубчастої муфти з гальмівним шківом,  $=0,471 \text{ кг} \times м^2$  ;

$\delta$  - коефіцієнт, що враховує моменти інерції мас деталей, які обертаються повільніше ніж вал двигуна,  $\delta=1,05 \dots 1,25$ ;

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{100000}{9,81} = 10194 \text{ кг};$$

$u_M$  - загальне передаточне число механізму

$$u_M = u_p u = 50,94 \cdot 2 = 101,88$$

$R_b = 0,2087 \text{ м}$  - радіус барабана із намотаним канатом.

При підйому вантажу

$$J_{пр} = 1,2 \cdot (0,547 + 0,471) + \frac{10194 \cdot 0,2087^2}{101,88^2 \cdot 0,85} = 1,27 \text{ кг} \times м^2 .$$

Час пуску відповідно при підйомі та опусканні вантажу визначається за формулою

$$t_{п} = \frac{J_{пр} \omega}{M_{п.ср} - M_{с.п}} = \frac{1,27 \cdot 73,3}{427,5 - 268,1} = 0,58 \text{ с};$$

НУБІП України

$$t_{\text{оп}} = \frac{I_{\text{пр}} \cdot \omega}{M_{\text{г.ср}} + M_{\text{с.оп}}} = \frac{1,27 \cdot 73,3}{427,5 + 148} = 0,16 \text{ с.}$$

Прискорення при пуску під час підйому вантажу має вигляд

$$a_{\text{п}} = \frac{v_{\text{ф}}}{t_{\text{п}}} = \frac{0,15}{0,58} = 0,26 \text{ м/с}^2$$

Таке прискорення є нормальним для механізмів підйому кранів загального призначення (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Орієнтовні значення прискорень у механізмах підйому

Крани	Рекомендоване прискорення, м/с <sup>2</sup>
Монтажні	0,1
Для підйому рідкого і розплавленого металу	0,1...0,2
Для машинобудівних заводів	0,2
Крани грейферні	0,8
Для перевантаження масових насипних вантажів	0,6...0,8

#### 2.4. Перевірка при навантаженні двигуна на нагрівання

При випадку відсутньої інформації по нашому крану перевірка буде виконуватися за умов середнього режиму роботи

Потужність двигуна при підйманні середнього вантажу визначається за формулою

$$N_{\text{п}} = \frac{Qv_{\text{ф}}}{\eta_{\text{м}}} = \frac{100 \cdot 0,15}{0,85} = 17,6 \text{ кВт.}$$

Обраховуємо крутний момент на валу при підйомі середнього вантажу, використавши залежність

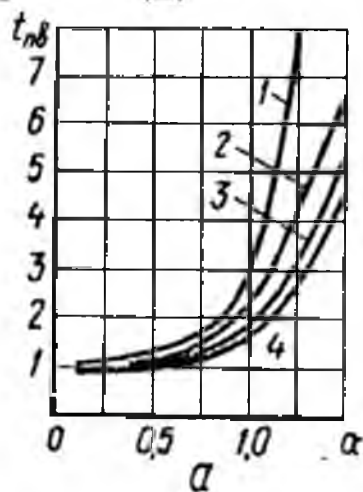
$$M_{ст} = 9750 \frac{N_p}{n} = 9750 \frac{17,6}{700} = 245 \text{ Н}\times\text{м.}$$

Н.м. двигуна  $M_{пот} = 250 \text{ Н}\times\text{м.}$

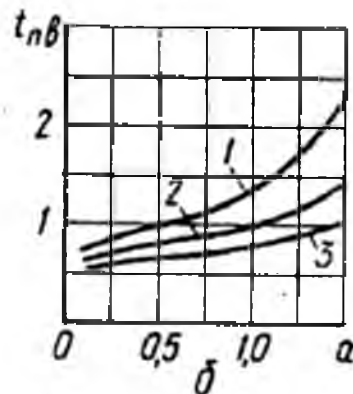
Коефіцієнт перенавантаження двигуна при підйомі середнього вантажу визначається із співвідношення

$$\alpha = \frac{M_{ст}}{M_{пот}} = \frac{245}{250} = 0,98$$

Згідно характеристик по можливості двигуна користуємося величиною здатності двигуна витримувати перевантаження і використовуємо графік (рис.3 а), тобто по кривій  $M_{max} = 250\%$ , якщо  $=580 \text{ Н}\times\text{м.}$ ,  $=250 \text{ Н}\times\text{м}$  знаходимо відносний час пуску  $t_{п.в} = 2,4 \text{ с.}$



а)



б)

Рис. 2.3. Графік визначення відносного часу пуску приводу: а - двигун із фазовим ротором (1 - =200%; 2 - =250%; 3 - =275 %; 4 - =300%); б - двигун із короткозамкнутим ротором (1 - =200%; 2 - =250%; 3 - =300%)

Час розгону обрахуємо за формулою:

НУБІП України

$$t_{п.в} = \frac{J_{пр} \omega}{M_{ном}} = 2,4 \frac{1,27 \cdot 73,3}{250} = 0,89$$

Визначимо середній час роботи механізму підйому

$$t_p = \frac{L_p}{v_{ф}}$$

де  $L_p$  - середній робочий шлях;  $L_p = (\frac{1}{4} \dots \frac{3}{4})H$

Отже отримуємо  $L_p = \frac{1}{4}H = \frac{12}{4} = 3$  м,

Тому  $t_p = \frac{3}{0,15} = 20$  с.

Співвідношення часу пуску до середнього часу роботи визначається із залежності

$$\frac{t_{п.в}}{t_p} = \frac{0,89}{20} = 0,04$$

Використовуючи даний графік (рис. 4), визначимо допоміжний коефіцієнт  $g=0,75$ .

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



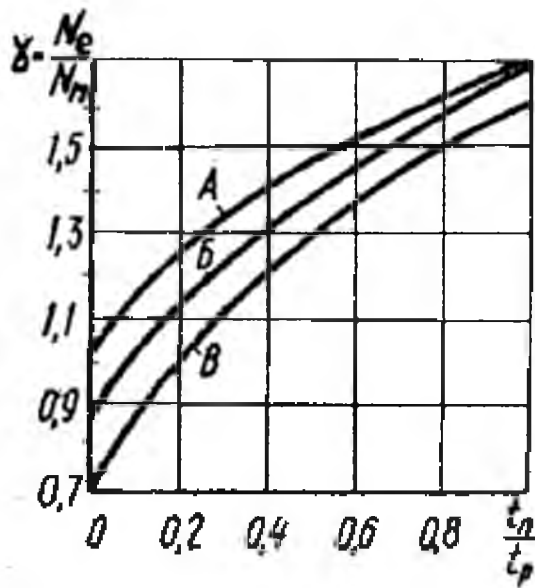


Рис. 2.4. Графіки впливу пускових режимів на еквівалентну потужність:  
 А - механізми пересування мостів кранів, візків, магнітних та грейферних кранів; повороту стрілових кранів; Б - механізми підйому грейферних та магнітних кранів, пересування візків газових кранів; В - механізми підйому газових кранів

Потужність циклу в еквіваленті має вигляд

$$N_e = \gamma N_n = 0,75 \cdot 17,6 = 13,2 \text{ кВт.}$$

Обрахуємо , яка потрібна потужність згідно умови нагрівання при ПВ=25%

за формулою

$$N_{15} = K N_e = 0,75 \cdot 13,2 = 9,9 \text{ кВт.}$$

де  $K=0,75$  (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Значення коефіцієнтів  $K$  і  $K''$

Режим роботи	$K = \frac{N_{25}}{N_e}$	$K'' = \frac{N_{40}}{N_e}$
3М	0,5	0,35
4М	0,75	0,5
5М	1,0	0,75
6М	1,5	1,0

Отже вибраний нами двигун МТФ 411-8 із потужністю  $N=18$  кВт .

### 2.5. Обчислення моменту гальмування та вибір гальма

Гальмо буде встановлено на редукторі, на його вал.

Обчислення моменту гальмування здійснюється за формулою

$$M_{\Gamma} = k_{\Gamma} M_{\text{ст.Г}} = 1,75 \cdot 174 = 304,5 \text{ Н}\times\text{м},$$

де  $k_{\Gamma}$  - коефіцієнт запасу гальмування (табл. 2.7),  $=1,75$ .

Таблиця 2.7

Значення коефіцієнтів в різних приводах

Тип механізму	Режим роботи	
Із ручним приводом	-	1,5
Із машинним приводом	3М	1,5
	4М	1,75
	5М	2,0
	6М	2,5

$M_{\text{ст.Г}}$  - статичний момент на валу двигуна при гальмуванні,

$$M_{\text{ст.Г}} = \frac{QD}{2u_m} \eta_M = \frac{100000 \cdot 0,4175 \cdot 0,85}{2 \cdot 101,88} = 174 \text{ Н}\times\text{м}.$$

Обране нами гальмо -це колодки типу ТКТ-300 з найбільшим гальмівним моментом  $M_{\Gamma} = 500 \text{ Н}\times\text{м}$

Обрахуємо гальмування при підйомі (час) за формулою

$$t_{\Gamma} = \frac{J_{\text{пр.г}} \omega}{M_{\Gamma} \pm M_{\text{ст.г}}}$$

де  $J_{\text{пр.г}}$  - момент інерції рухомих об'єктів при підйманні та спуску вантажу, приведений до вала двигуна при гальмуванні, визначається залежністю

$$J_{\text{пр.г}} = \delta(J_p + J_{M_r}) + \frac{mR^2}{u^2} = 1,2 \cdot 1,02 + \frac{10194 \cdot 0,2037^2 \cdot 0,85}{101,88^2} = 1,26 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Знак "+" це гальмування коли підіймається об'єкт, знак "-" коли опускається.

Розрахунки скільки часу потрібно, щоб загальмувати при підйманні та опусканні вантажу згідно формул:

$$t_{\Gamma, \text{п}} = \frac{J_{\text{пр.г}} \omega}{M_{\Gamma} + M_{\text{ст.г}}} = \frac{1,26 \cdot 73,3}{304,5 + 174} = 0,19 \text{ с};$$

$$t_{\Gamma, \text{сп}} = \frac{J_{\text{пр.г}} \omega}{M_{\Gamma} - M_{\text{ст.г}}} = \frac{1,26 \cdot 73,3}{304,5 - 174} = 0,71 \text{ с}$$

## 2.6. Обрання муфт

Враховуючи вибрані нами гальма між двигуном та редуктором, для коректної роботи встановлюємо зубчасту муфту з гальмівним шківом  $D_{\Gamma} = 300$  мм, яка має наступну характеристику: найбільший крутний момент, котрий здатна передавати муфта  $M_{\text{кр}} = 3200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , при якій момент інерції  $= 0,471 \text{ кг} \cdot \text{м}$ .

Крутний момент, який передає муфта при запуску двигуна при опусканні об'єкта визначається за формулою.

$$M_{\text{п.о}} = \frac{J'_{\text{р.м}} \omega}{t_{\text{оп}}} = \frac{0,668 \cdot 73,3}{0,16} = 306 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

НУБІП України

де  $J'_{р.м}$  - загальний момент інерції ротора електродвигуна та пів муфти, яка знаходиться на валу електродвигуна,

$$J'_{р.м} = J_p + J_{п.м} = 0,547 + 0,121 = 0,668 \text{ кг} \times \text{м}^2,$$

$$J_{п.м} = (0,25 \dots 0,3) J_M = (0,25 \dots 0,3) \cdot 0,471 = 0,121 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

Момент обертання, який передає муфта в момент гальмування двигуна при підйомі номінального вантажу визначається залежністю,

$$M_{г.п} = \frac{J'_{р.м} \omega}{t_{г.п}} = \frac{0,668 \cdot 73,3}{0,19} = 257,7 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Максимальний обертальний момент при пуску двигуна має вигляд

$$M_{п.п} = M_{п.маx} - M_{с.п} = 580 - 268,1 = 311,9 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Крутний момент від сил інерції, що передає муфта,

$$M_i = M_{п.п} \frac{J''_M}{J_{пр}} = 311,9 \frac{0,6}{1,27} = 147,3 \text{ Н} \times \text{м},$$

де  $J''_M$  - момент інерції механізму (за винятком моменту інерції ротора і півмуфти на валу двигуна),

$$J''_M = J_{пр} - J'_{р.м} = 1,27 - 0,668 = 0,6 \text{ кг} \times \text{м}^2$$

Момент обертання, який передає муфта в період пуску, визначається наступною залежністю

$$M_{п.кр} = M_{с.п} + M_i = 268,1 + 147,3 = 415,4 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Із знайдених нами значень моментів обираємо найбільший момент тобто:

$$M_{маx} = M_{п.кр} = 415,4 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Розрахунковий момент обертання для муфти має вигляд

$$M_p = k_1 M_{\max} = 1,3 \cdot 415,4 = 540 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, який ураховує ступінь відповідності муфти (табл. 2.8).

Оскільки  $3200 \text{ Н}\cdot\text{м} > M_p = 540 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , тоді обрана муфта підходить під умови передачі найбільшого крутного моменту.

Між барабаном і редуктором установлена зубчаста муфта. Розрахуємо момент обертання, який передає муфта на двигун за формулою

$$M_6 = \frac{S_{\max} D_p}{\eta_6} = \frac{27809 \cdot 0,4175}{0,98} = 11847,2 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 2.8

Значення коефіцієнтів  $k_2$ 

Механізми	при режимах роботи			
	3М	4М	5 М	6М
Підйому вантажу <b>газових</b> кранів	1,1	1,2	1,3	1,5
Те ж, які транспортують розплавлені метали	3			
Зміни вильоту	1,5			
Пересування	1,4			
	1,2			

*Примітка.* Для зубчастих муфт барабанів коефіцієнт необхідно збільшувати приблизно на 20...25%.

Розрахунковий момент для вибору муфти визначається за формулою

$$M_{pd} = k_1 k_2 M_6 = 1,55 \cdot 1,2 \cdot 11847,2 = 22035,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

де  $k_1 = 1,55$  - (збільшено на 20% порівняно з рекомендаціями);

$k_2$  - коефіцієнт, який урахує умови роботи муфти (табл. 2.8).

Отже обираємо стандартну зубчасту муфту (ГОСТ 5006-85) №8 із модулем  $m=4$  мм, числом зубців  $z=62$ , шириною зуба  $b=35$  мм, товщиною зуба  $s_1=5,83$  мм, найбільшим моментом, який передає муфта, рівним  $23600 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

НУБІП України

НУБІП України

### 3. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ КОВЗОВОГО КРАНА

#### 3.1. Визначення параметрів барабанно-канатної системи механізму підйому вантажу вантажопідйомного крана

1. За заданою вантажопідйомністю крана і його типом оброти:

- тип поліспасти (одинарний, здвоєний). Для стрілових кранів рекомендовано обирати одинарні поліспасти, а для кранів мостового типу – здвоєні;
- кратність поліспасти (передавальне число).

Кратність поліспасти обирається в залежності від вантажопідйомності крана за рекомендаціями, наведеними в таблиці

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

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

$$\text{Для оди.} \quad \eta_n = \frac{1 - \eta^m}{(1 - \eta)m}$$

$$\eta = \frac{1 - Nm}{(1 - N)m} = \frac{1 - 0,95^2}{(1 - 0,95)2} = 0,975.$$

$m = 2$

$\eta = 0,98$  кочення.

де  $m$  – кратність поліспасти (кількість гілок поліспасти, на яких висить вантаж);

$u = m/2$  – передавальне число здвоєного поліспасти;

$\eta$  – к.к.д. блока, яке для блоків на підшипниках ковзання дорівнює 0,95, а на підшипниках кочення 0,98.

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

$$F_k = \frac{Q}{m \cdot \eta_n}$$

Одинарний поліпаст

$$F_k = \frac{100000}{2 * 0.975} = 51282 \text{ Н}$$

$$Q = mg = 2500 * 9.81 = 24525$$

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  $v = 4 \text{ м/с}$ ). [24]

5. За розрахунковим зусиллям обрати тип каната і його діаметр  $d$  за

$$F_p \leq [F]$$

$$F_p = 5 * 51282 = 256410 \text{ Н}$$

$$G = \frac{F_p}{\pi d^2 / 4} \leq [\sigma]$$

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_p}{\pi \cdot \sigma}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{256410}{3.14 \cdot 1800}} = 13,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d = 7 \text{ мм}$

Визначаємо діаметр барабану і його довжину  $e = 16 \dots 35 = 24$

$$D = e * d = 24 * 13,4 = 321,6 \text{ мм}$$

6. За вибраним діаметром каната  $d$  обирають:

$$Z_n = \frac{H \cdot 2}{\pi \cdot d} \oplus Z_3 + Z_k + Z_k = \frac{10 \cdot 2}{3.14 \cdot 0.015} + 2 + 2 = 46,5$$

Приймаємо 47.

$$L_6 = z * p, = 1,1d;$$

$$p = d * \delta = 13,4 * 1,1 = 14,7 \text{ мм}$$

довжина барабану для здвоєних полспластів

$$L = 14,7 * 55 = 808,5 \text{ мм}$$



Приймаємо = 809мм

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Альтернативні варіанти		Функціональні елементи				
		Джерело енергії руху	Регулятор частоти обертання вихідного вала	Захист механізмів від перевантаження	Поглинання енергії руху ланок системи	Передавальний пристрій
1	Електродвигун змінного струму	Частотний перетворювач	Пружна муфта	Дискове гальмо	Циліндричний редуктор	Канатнобарабанний механізм
2	Електродвигун постійного струму	Регулятор напруги	Торсіонний вал	Колодкове гальмо з електромагнітним штовхачем	Конічний редуктор	Лямбюгова передача
3	Гідродвигун	Об'ємне регулювання	Гідромуфта	Колодкове гальмо з гідропштовхачем	Черв'ячний редуктор	Циліндр редуктор

Табл.1. Морфологічна таблиця можливих технічних рішень механізму підйому вантажу

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

$$P = Q \cdot v$$

$$P = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta} = \frac{2500 \cdot 9.81 \cdot 0.6}{0.79} = 18,6 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун МТВ 613-10

Параметри:

Потужність –  $P_H = 18 \text{ кВт}$

$n_H = 948 \text{ об/хв}$

$M_{\text{max}}/M_H = 2,9$

Момент інерції ротора двигуна --  $0,18 \text{ кг/м}^2$

Визначаємо номінальну кутову швидкість вала двигуна

$$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30}$$

$$\frac{\pi \cdot 948}{30} = 99,3 \text{ рад/с}$$

НУБІП України

синхронну кутову швидкість двигуна

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{3} = 104.7 \text{ рад/с}$$

Де  $f$  – частота струму електричної мережі;  $p$  – число пар полюсів;

НУБІП України

номінальне ковзання двигуна

$$s_H = 1 - \frac{\omega_H}{\omega_0} = 1 - \frac{99.3}{104.7} = 0.05$$

критичне ковзання двигуна

НУБІП України

$$s_{KP} = s_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$$
$$s_{KP} = 0.05(2.9 + \sqrt{2.9^2 - 1}) = 0.28$$

номінальний момент на валу двигуна

НУБІП України

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{18000}{99.3} = 181 \text{ Нм}$$

максимальний (критичний) момент на валу двигуна

$$M_{max} = M_{KP} = \lambda M_H;$$

$$M_{max} = M_{KP} = \lambda M_H = 2.9 \cdot 181 = 524.9 \text{ Нм}$$

НУБІП України

механічна характеристика двигуна описується рівнянням Клосса, при умові якщо  $P_H$  номінальне дорівнює  $\geq$  більше 5кВт

НУБІП України

НУБІП України

$$M = \frac{2M_{max}(1 + s_{KP}a)}{\frac{1 - \omega/\omega_0}{s_{KP}} + \frac{s_{KP}}{1 - \omega/\omega_0} + 2s_{KP}a}$$

$s=0.1$

де  $\omega$  – змінна кутова швидкість вала двигуна;  $a = R_C R_P'$  – безрозмірний параметр;

$R_C, R_P'$  – відповідно активний опір статора та приведений до статора опір ротора. При  $P > 5$  кВт можна прийняти  $R_C = 0$ , тоді  $a = 0$ .

$$M_1 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.1}{0.28} + \frac{0.28}{0.1}} = 338 \text{ Нм}$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.2}{0.28} + \frac{0.28}{0.2}} = 499 \text{ Нм}$$

$$M_3 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.3}{0.28} + \frac{0.28}{0.3}} = 552 \text{ Нм}$$

$$M_4 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.4}{0.28} + \frac{0.28}{0.4}} = 499 \text{ Нм}$$

$$M_5 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.5}{0.28} + \frac{0.28}{0.5}} = 477 \text{ Нм}$$

$$M_6 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.6}{0.28} + \frac{0.28}{0.6}} = 419 \text{ Нм}$$

$$M_7 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.7}{0.28} + \frac{0.28}{0.7}} = 362 \text{ Нм}$$

$$M_8 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.8}{0.28} + \frac{0.28}{0.8}} = 338 \text{ Нм}$$

$$M_9 = \frac{2 \cdot 524.9}{\frac{0.9}{0.28} + \frac{0.28}{0.9}} = 299 \text{ Нм}$$

України

України

України

України

України

$$M_{10} = \frac{2 \cdot 524.9}{0.28 + \frac{0.28}{1}} = 283 \text{ Нм}$$



$$S = 1 - 2x_1' \cdot u / \omega_0$$

$$S = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0$$

Де  $\omega$  - змінна кутова швидкість вала двигуна;  $a = R_c; R_p$  - безрозмірний параметр;

$R_c; R_p$  - відповідно активний опір статора та приведеній до статора опір ротора. При  $P > 5$  кВт можна прийняти  $R_c = 0$ , тоді  $a = 0$

### 3.2. Кінематичний розрахунок механізму підйому вантажу

Визначаємо лінійну швидкість каната, що намотується на барабан:

- для одинарного поліспасти

$$v_k = m \cdot v = 0.5 \cdot 2 = 1 \text{ м/с}$$

Тут  $v$  - швидкість підйому вантажу,  $m$  - кратність поліспасти.

1. Визначити кутову швидкість барабана

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

де  $L$  – діаметр барабана.

2. Визначити передавальне число передавального механізму (редуктора)

$$\omega_{\delta} = \frac{2 \cdot 1}{0.15} = 13.33 \text{ рад/с}$$

$$u = \omega_{дв} / \omega_{\delta}, = 99.3 / 13.33 = 7.44$$

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

3. Визначити обертальний момент на вихідному валу редуктора

$$M_B = M_H \cdot u \cdot \eta_M \cdot \eta_P = 181 \cdot 7.44 \cdot 0.98 \cdot 0.92 = 1214 \text{ Нм}$$

де  $M_H$  – номінальний момент на валу електродвигуна;  $\eta_M, \eta_P$  – к.к.д. відповідно пружної муфти та редуктора.

4. По вихідному моменту на валу редуктора  $M_B$  і передавальному числу  $u$  вибираємо редуктор.

Рекомендовано вибирати циліндричний редуктор (табл.).

5. Виписати параметри вибраного редуктора:  $U_p = 8$

6. За діаметрами вала двигуна і вхідного вала редуктора, а також за значенням моменту, що передається,  $M_M = k \cdot M_H$

$$M_M = k \cdot M_H = 1.5 \cdot 181 = 271.5 \text{ Нм}$$

обирають пружну муфту з гальмівним шківом, на який встановлюється коподкове нормально замкнене гальмо (табл.)

7. Виписати момент інерції муфти  $I_M$  та діаметри втулок муфт. По діаметру вихідного вала двигуна по передавальному моменту вибираємо муфту «Муф3» з моменту інерції = 0,12 кг\*м<sup>2</sup>

8. Після вибору редуктора розрахувати дійсну швидкість підйому вантажу

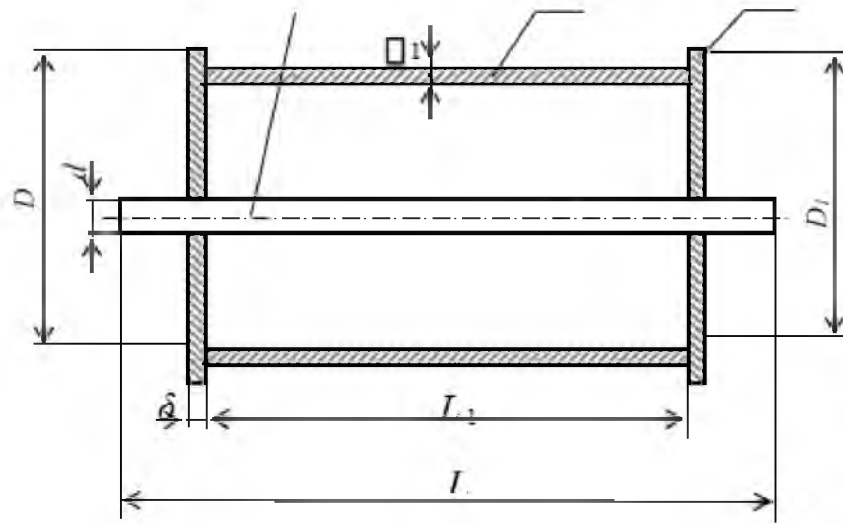
$$v_B = \frac{\omega_{дв} \cdot D}{2 \cdot u_p \cdot u_{\Pi}}$$

$$v_B = \frac{99.3 \cdot 0.15}{2 \cdot 8 \cdot 2} = 0.46 \text{ м/с.}$$

3.3. Розрахунки моменту інерції барабана

НЗ

НЗ



НИ

НИ

НЗ

Розчленуємо конструкцію барабана на складові елементи:

- 1 - вал;
- 2 - циліндр;
- 3 - диск.

НИ

Визначення моментів інерції складових елементів барабана відносно осі його обертання.

$$D = 150 \text{ мм} = 0.15 \text{ м}$$

$$L = 260 \text{ мм} = 0.26 \text{ м}$$

$$L_1 = 1.3 \cdot 0.26 = 0.33 \text{ м}$$

$$D_1 = 1.25 \cdot 0.15 = 0.18$$

$$= 0.20$$

$$d = 60 \text{ мм} = 0.06 \text{ м}$$

$$\delta = 10 \text{ мм} = 0.01$$

$$\delta_1 = 0.008 \text{ м}$$

І. Визначення моментів інерції складових елементів барабана відносно осі його обертання. Вал:

НУБІП

$$I_1 = \frac{1}{2} m_1 \frac{d^2}{4}$$

$$m = \rho \cdot V_1$$

$$V_1 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L_1$$

$$I_1 = \frac{5.5 \cdot 25}{2 \cdot 4} = 1.72 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_1 = \frac{D}{2} + 2 \cdot 0.1 = 0.314 + 0.2 = 0.514$$

$$V_1 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{4} \cdot 0.33 = 6.48 \cdot 10^{-4}$$

$$m_1 = \rho \cdot V_1 = 7.8 \cdot 10^3 \cdot 6.48 \cdot 10^{-4} = 5.5 \text{ кг}$$

НУБІП

України

Густина сталі:

Тут  $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  - густина сталі, з якої виготовлено вал;  $d$  - діаметр вала;  $L$  - довжина вала. де  $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  - густина сталі, з якої виготовлено циліндр;  $D_1$  - діаметр циліндра;  $\delta_1$  - товщина стінки циліндра;  $L_1$  - довжина циліндра.

Циліндр:

$$I_{\text{в}} = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot \frac{36 \cdot 10^{-4}}{4} = 1,4 \cdot 10^{-3}$$
$$I_{\text{ц}} = \pi \rho D_1 \delta_1 L_1$$
$$I_{\text{ц}} = \frac{m_2 \cdot D_2}{4} = \frac{7,8 \cdot 0,15}{4} = 0,29 = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Диск:

$$m_2 = \rho \cdot v_2 = 7,8 \cdot 10^3 \cdot 0,001 = 7,8 \text{ кг}$$
$$v_2 = L \pi D \delta = \pi \cdot 0,15 \cdot 0,33 \cdot 0,01 = 0,001 \text{ м}^3$$
$$I_{\text{в}} = \frac{1}{2} \cdot m_3 \cdot \frac{D_1^2}{4} = \frac{1}{2} \cdot 2,34 \cdot \frac{0,2^2}{4} = 0,0012 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$
$$m_3 = \rho \cdot v_3 = 7,8 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 2,34 \text{ кг}$$

$$v_3 = \frac{\pi D^2 \delta}{4} = \pi \cdot \frac{0,20^2}{4 \cdot 0,01} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

де  $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  - густина сталі, з якої виготовлено диск;  $D$  - діаметр диска;  $\delta$  - товщина диска.

Момент інерції барабана буде складатись з моментів інерції його складових елементів

$$I_{\text{б}} = I_{\text{в}} + I_{\text{ц}} + 2I_{\text{д}}$$
$$I_{\text{б}} = 0,002 + 0,03 + 2 \cdot 0,0012 = 0,0074 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

### 3.4. Обґрунтування механізму підйому козлового крана



НУБІП України

НУБІП України

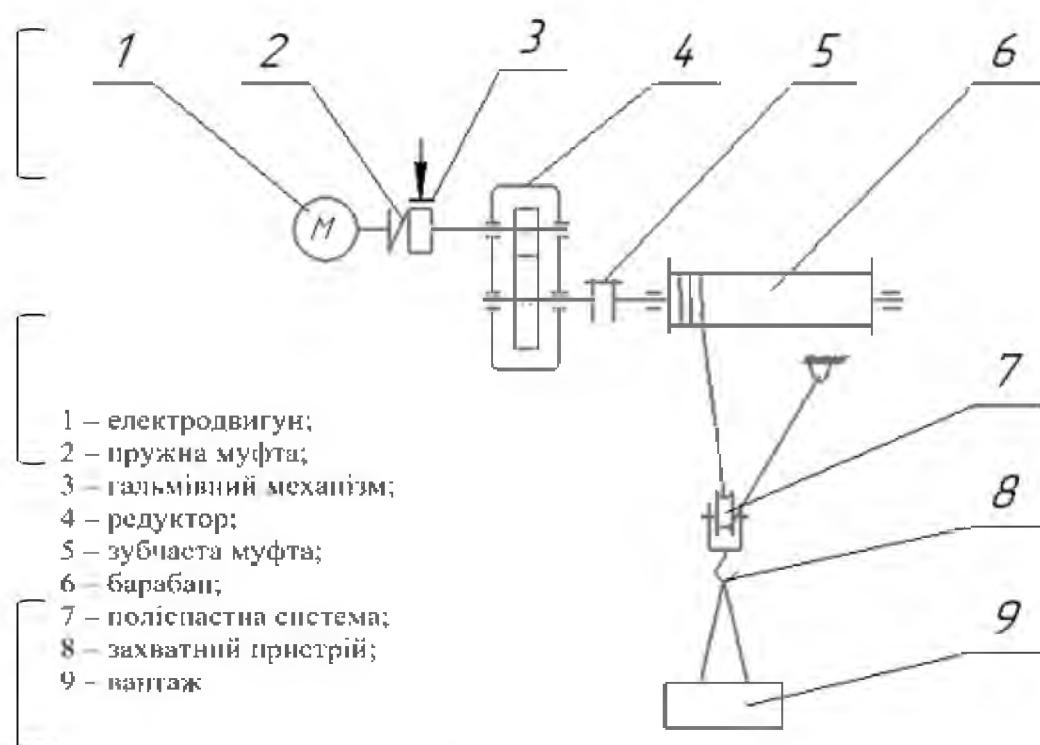
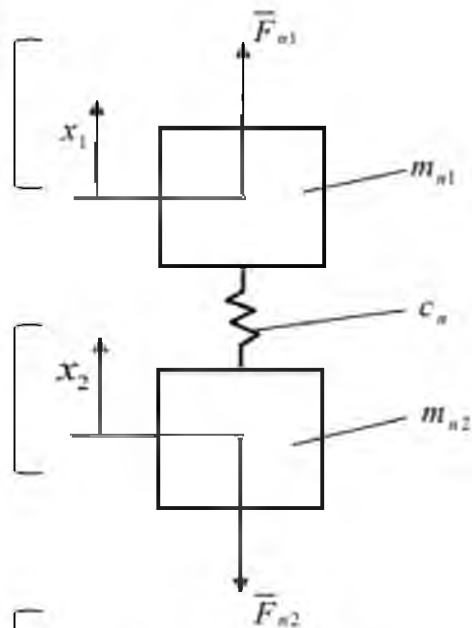


Рис. 6.1 Кінематична схема механізму підйому вантажу(6.1)

НУБІП України

### 3.5. Побудова динамічної моделі козлового крана

НУБІП України



В цій моделі зробимо деякі позначення: першу масу позначимо через  $m_{n1}$ , а другу –  $m_{n2}$ . До першої маси

прикладемо приведену рушійну силу  $F_{n1}$ , а до другої - приведену силу опору  $F_{n2}$ . Перша та друга маси з'єднані між собою пружним елементом з приведеною жорсткістю  $c_n$ . За узагальнені координати цієї моделі обираємо координати центрів мас першої  $x_1$  та другої  $x_2$

# НУБІП | УКРАЇНИ

Параметри  $m_{n1}, m_{n2}, F_{n1}, F_{n2}, c_n$

називаються параметрами динамічної моделі.

# НУБІП | УКРАЇНИ

Приведена маса  $m_{n1}$  визначається з умови рівності кінетичних енергій першої частини механізму  $T_{P1}$  (див. кінематичну схему – рис.6.1) і першої частини динамічної моделі  $T_{M1}$  (рис.6.2), тобто

$$T_{P1} = T_{M1} \quad (6.1)$$

Передаточне число редуктора:

$$u = \frac{\omega_H}{\omega_6}$$

$$\omega_6 = \frac{2v \cdot n}{D}$$

Кутова швидкість барабана:

$$\omega_2 = \omega_6 = \frac{2v_6}{D}$$

Тут  $D$  – діаметр барабана;  $u$  – передаточне число редуктора.

Тоді кінетичну енергію першої частини реального механізму можна записати наступним чином

# НУБІП | УКРАЇНИ

$$\begin{aligned}
 T_{p1} &= \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} I_2 \omega_1^2 + \frac{1}{2} I_3 \omega_1^2 + \frac{1}{2} I_4 \omega_1^2 + \frac{1}{2} I_5 \omega_2^2 + \frac{1}{2} I_6 \omega_2^2 \\
 &= \frac{1}{2} (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot \omega_1^2 + \frac{1}{2} (I_5 + I_6) \cdot \omega_2^2 \\
 &= \frac{1}{2} (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot \frac{4\dot{x}_1^2}{D^2} \cdot u_p^2 + \frac{1}{2} (I_5 + I_6) \cdot \frac{4\dot{x}_1^2}{D^2} \\
 &= \frac{2\dot{x}_1^2}{D^2} \cdot [(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p^2 + I_5 + I_6]
 \end{aligned}$$

де  $I_1, I_2, I_3$  - моменти інерції відповідно ротора двигуна, муфти та гальмівного шківця 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.

Кінетична енергія першої частини моделі представляється залежністю

$$T_{m1} = \frac{1}{2} \cdot m_{n1} \cdot \dot{x}_1^2$$

Використавши умову (6.1), отримаємо

$$\frac{2\dot{x}_1^2}{D^2} \cdot [(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p^2 + I_5 + I_6] = \frac{1}{2} \cdot m_{n1} \cdot \dot{x}_1^2$$

З рівняння (6.6) знаходимо

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4}{0,152^2} \cdot (0,6 + 0,12 + 0,12 + 0,5) \cdot 7,38 \\
 &+ 0,8 + 0,19 = 1759 \text{ кг}
 \end{aligned}$$

Аналогічно визначається приведена маса  $m_{n2}$  з умови рівності

кінетичних енергій другої частини механізму  $T_{p2}$  та другої частини моделі, тобто

$T_{р2} = T_{м2}$   
 Виразимо шв. вантажу  $v$  через швидкість канату, що набігає на барабан

$$v = \dot{x}_2 / u_n \quad (6,9)$$

Де  $u_n$  - передаточне число поліспасти  
 Тоді

$$T_{р2} = \frac{1}{2} (m + m_{зп}) \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{(m + m_{зп})}{u_n^2} \cdot \dot{x}_2^2$$

де  $m, m_{зп}$  - маси відповідно вантажу та захватного пристрою.  
 Кінетична енергія другої частини моделі:

$$T_{м2} = \frac{1}{2} \cdot m_{п2} \cdot \dot{x}_2^2$$

Прирівнявши вирази, отримаємо

$m_{п2} = \frac{m + m_{зп}}{u_n^2} = \frac{1000 + 10000}{4} = 2750 \text{ кг}$   
 Приведену силу  $F_{п1}$  визначимо з умови рівності потужностей сил з першої частини механізму  $P_{р1}$  і моделі  $P_{м1}$

$$P_{р1} = P_{м1} \quad (6,13)$$

$P_{р1} = M_1 \omega_2 = M \cdot \frac{2x_1}{D} \cdot u_p$   
 $P_{м1} = F_{п1} \cdot \frac{x_1}{r_{1-6}}$

Підставивши вираз (6.14) у рівняння (6.13), отримаємо

$$F_{п1} = \frac{2Mu_p}{D} \cdot \eta_{1-6} \quad (6,15)$$

де  $M$  - рушійний момент на валу електродвигуна, який визначається з його механічної характеристики;  $\eta_{1-6}$  - к.к.д. передачі від двигуна до барабана.  $P_{м2}$

Приведену силу  $F_{п1}$  визначають з умови рівності потужностей сил другої частини механізму  $P_{р2}$  і моделі  $P_{м2}$

$$P_{M2} = P_{M2} \quad (6.16)$$

$$P_{P2} = (m + m_{zn}) \cdot g \cdot \frac{\dot{x}_2^2}{u_p}$$

$$P_{M2} = F_{n2} \cdot \dot{x}_2 \cdot \eta_{7-8} \quad (6.17)$$

Після підстановки виразів (6.17) у рівняння (6.16) будемо мати

$$F_{n2} = \frac{(m + m_{zn}) \cdot g}{u_p \cdot \eta_{7-8}} = \frac{(3000 + 10000) \cdot 9.81}{2 \cdot 0.975} = 65400 \text{ Н}$$

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

### Визначення коефіцієнта жорсткості одинарного поліспасти кратністю $m$ в процесі руху (рис.6.3)

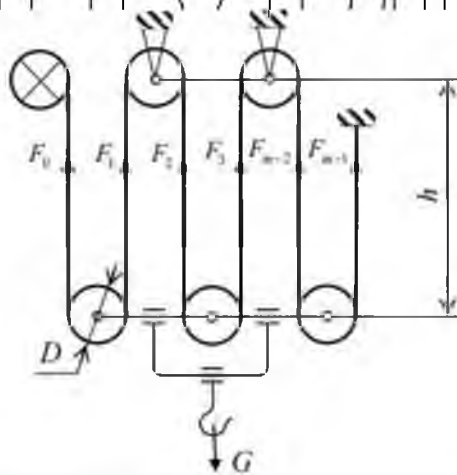


Рис. 6.3 Схема одинарного поліспасти кратністю  $m$

В процесі підйому вантажу в кожній з гілок поліспасти будуть різні зусилля, які визначаються залежностями:

$$F_1 = F_0 \cdot \eta,$$

$$F_2 = F_1 \cdot \eta = F_0 \cdot \eta^2,$$

$$F_3 = F_2 \cdot \eta = F_0 \cdot \eta^3; \quad (6.19)$$

$$F_{m-1} = F_{m-2} \cdot \eta = F_0 \cdot \eta^{m-1}$$

Тоді деформації кожної з гілок визначаються за законом Гука залежностями:

$$\Delta l_0 = \frac{F_0 \cdot l}{EA}$$

$$\Delta l_1 = \frac{F_0 \cdot l \cdot \eta}{EA}$$

$$\Delta l_1 = \frac{F_0 \cdot l \cdot \eta^2}{EA}$$

# НУБІП України

$$\Delta l_{m-1} = \frac{F_0 l \cdot \eta^{m-1}}{EA} \quad (6.20)$$

а сумарна деформація гілок каната з урахуванням виразів (6.20) має вигляд

$$\Delta l = \Delta l_0 + \Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_{m-1} = \frac{F_0 l}{EA} (1 + \eta + \eta^2 + \dots + \eta^{m-1})$$
$$\Delta l = \frac{F_0 l}{EA} \cdot \frac{1 - \eta^m}{1 - \eta} \quad (6.21)$$

$$c = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 2.8 \cdot 10^{-5} \quad (\text{площа поперечного перерізу канату})$$

Після цього знаходимо коефіцієнт жорсткості каната поліспасти

$$c = \frac{F_0}{\Delta l} = \frac{F_0 \cdot EA}{F_0 l} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m} = \frac{1.2 \cdot 10^{11} \cdot 2.8 \cdot 10^{-5}}{10 \cdot (1 - 0.98)} = 1.69 \cdot 10^5 \frac{H}{m} \quad (6.2)$$

Гут  $l = h + \pi D/2$  – довжина каната в одній гілці;  $h$  – відстань між осями блоків;

$D$  – діаметри блока;  $E$  – модуль пружності каната ( $1.2 \cdot 10^5$  МПа);  $A$  – площа

поперечного перерізу каната ( $d^2/4$ );  $d$  – діаметр каната;  $\eta$  – к.к.д. блока

поліспасти (на підшипниках ковзання 0,95, на підшипниках кочення 0,95).

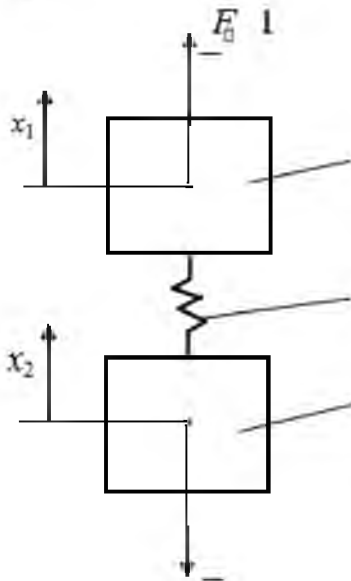
## 3.6. Побудова математичної моделі динаміки руху механізму підйому

козлового крана

# НУБІП України

# НУБІП України

Параметрами цієї моделі є:  $m_{п1}$ ,  $m_{п2}$  - приведені маси відповідно першої (до



пружного елемента) та другої (після пружного елемента) частин механізму підйому;  $F_{п1}$ ,  $F_{п2}$  - приведені сили відповідно першої та другої частин

механізму підйому;  $c_{п}$  - приведена до канату, що

набігає на барабан, жорсткість погіршеної

системи;  $x_1$ ,  $x_2$  - узагальнені координати першої та другої зведених мас динамічної моделі.

1. Виписати кінцеві формули для визначення

параметрів динамічної моделі, які були знайдені в попередніх лабораторних роботах.

2. Вказати можливі методи побудови математичних моделей і вибрати один з цих методів

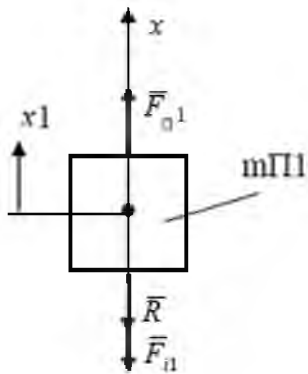
для побудови математичної моделі наведеної динамічної моделі.

До методів побудови математичних моделей можна віднести такі методи:

- 1) принцип динамічної рівноваги, який ще має назву принцип Даламбера;
- 2) принцип можливих переміщень;
- 3) принцип Гамільтона-Остроградського;
- 4) рівняння Лагранжа другого роду;
- 5) рівняння Апеля.

Для розглянутої простої динамічної моделі (рис. 7.1) найбільш доцільним методом побудови математичної моделі можна вважати метод динамічної рівноваги.

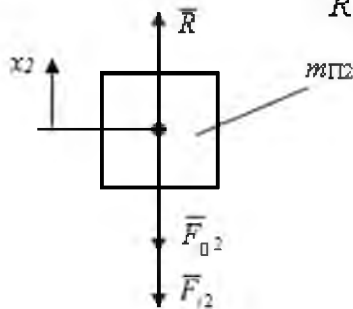
Суть методу динамічної рівноваги полягає в тому, що розглядається динамічна рівновага кожної з приведених мас і для них складаються відповідні рівняння. Розглянемо дві маси динамічної моделі окремі маси і замінимо в'язь пружного елемента реакцією в'язі. Крім того, до кожної з мас прикладемо сили інерції. В результаті таких перетворень динамічна модель (рис.7.1) набуде вигляду, який представлено на рис.7.2.



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:

$$- \text{ для першої маси} \\ F_{П2} - R - F_{П1} = 0 \quad (7.1)$$

$$- \text{ для другої маси} \\ R - F_{П2} - F_{П2} = 0 \quad (7.2)$$



Розв'язуючи спільно рівняння (7.1) та (7.2), знайдемо закон руху механізму підйому для динамічної моделі, що наведена на рис. 6.1.

У рівняннях (7.1) та (7.2) вирази реакції та сил інерції мають вигляд

$$R = c_n(x_1 - x_2)$$

$$(7.3)$$

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

Після підстановки виразів (7.3), (7.4), (7.5) у рівняння (7.1) та (7.2) отримаємо систему диференціальних рівнянь, які будуть представляти математичну модель динаміки руху механізму підйому вантажу

$$\begin{cases} F_{П1} - c_n \cdot (x_1 - x_2) - m_{П1} \cdot \ddot{x}_1 = 0 \\ c_n \cdot (x_1 - x_2) - F_{П2} - m_{П2} \cdot \ddot{x}_2 = 0 \end{cases}$$

Зробивши деякі перетворення, отримаємо кінцевий вигляд математичної моделі динаміки руху механізму підйому вантажу

$$\begin{cases} m_{П1} \cdot \ddot{x}_1 = F_{П1} - c_n \cdot (x_1 - x_2) \\ m_{П2} \cdot \ddot{x}_2 = -F_{П2} + c_n \cdot (x_1 - x_2) \end{cases}$$

В систему рівнянь (7.7) необхідно ввести вирази приведених мас  $m_{П1}$  та  $m_{П2}$ , приведених сил  $F_{П1}$  та  $F_{П2}$  і коефіцієнта жорсткості  $c_n$ . В результаті розв'язку системи (7.7) з урахуванням виразів  $m_{П1}, m_{П2}, F_{П1}, F_{П2}, c_n$  отримуємо закон динаміки руху механізму підйому вантажу

### 3.7. Розробка алгоритму розв'язку системи диференціальних рівнянь



НУБІП УКРАЇНИ

$P_H$  – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$\omega_H, \omega_0$  – номінальна та синхронна кутові швидкості електродвигуна,

рад/с;

НУБІП УКРАЇНИ

$M_H, M_{max}$  – номінальний та максимальний (критичний) моменти на валу електродвигуна, Нм;

$n$  – передаточне число (кратність) поліспасти;

НУБІП УКРАЇНИ

$\omega_6$  – кутова швидкість барабана, рад/с;

$u$  – передаточне число редуктора;

$d$  – діаметр каната, м;

НУБІП УКРАЇНИ

$D = ed$  – діаметр барабана, м;

$I_{дв}, I_M$  – моменти інерції відповідно ротора електродвигуна та пружної

муфти з гальмівним шківом,  $кг \cdot м^2$ ;

НУБІП УКРАЇНИ

$\delta$  – коефіцієнт, який враховує інертність елементів редуктора, зведених до вала електродвигуна;

$I_6$  – момент інерції барабана відносно власної осі обертання,  $кг \cdot м^2$ ;

НУБІП УКРАЇНИ

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5$  – к.к.д. відповідно пружної муфти, редуктора, зубчастої муфти, барабана та поліспасти системи.

$m_{п1}, m_{п2}$  – зведених (приведених) мас відповідно першої та другої частин

механізму підйому вантажу, кг;

НУБІП УКРАЇНИ

$F_{п1}, F_{п2}$  – зведених сил відповідно першої та другої частин механізму підйому, Н/м;

$c_m$  – зведеного коефіцієнта жорсткості підспастної системи.

3.8. Вихідні дані, які використані в Wolfram Cloud для розрахунку механізму нідіому:

$$\eta_1 = 0,98$$

$$\eta_2 = 0,92$$

$$\eta_3 = 0,98$$

$$\eta_4 = 0,96$$

$$\eta_5 = 0,96$$

$$M_{max} = 524,9 \text{ Нм}$$

$$u = 7,44$$

$$\omega_0 = 104,7$$

$$\omega_H = 99,3 \text{ рад/с}$$

$$c = 1,2 \cdot 10^5$$

$$d_1 = 0,06 \text{ м}$$

$$D = 0,15 \text{ м}$$

$$M_H = 181 \text{ Нм}$$

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

$$F_{\Pi 2} = 65400 \text{ Н}$$

$$m_1 = 1759 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2750 \text{ кг}$$

$$\rho = 6000$$

$$h = 10 \text{ м}$$

$$v = 0,5$$

$$q = 1000 \text{ кг}$$

$$\lambda = 2,9$$

3.9. Програма розрахунку динаміки козлового крана

Н

```

Pmax = 2 + 0.1;
a = 7.10;
u0 = 100.00;
u1 = 50.35;
c = 2.2 * 10^-5;
d = 0.15;
k1 = 0.005;
P1 = 201;
P2 = 85000;
se = 2 * se / u0;
sk = sk * (1 + Sqrt[1 + 1]);

```

Н

```

n1 = 3750;
n2 = 2750;
p = 6000;
h = 10;
y = 0.5;
q = 1000;
l = 2 - 0.1;

eq1 = n1 * x1^(1/2) == P1 - a * (x1(t) - x2(t));
eq2 = n2 * x2^(1/2) == P2 - a * (x1(t) - x2(t));
T = 20;
f = c * (x2(t) - x1(t));
P1 = (2 + Pmax * h) / d;
s = 2 - (2 + x1^(1/2) + u) / (d + u0);
P1 = (2 + Pmax) / (c / k1 + k1 / c);
Solve[NDSolve[{eq1, eq2, x1(0) == 0, x1'(0) == 0, x2(0) == 0, x2'(0) == 0}, {x1, x2}, {t, 0, T}], NDSolve]

```

0.23662

НУБІП І УКРАЇНИ

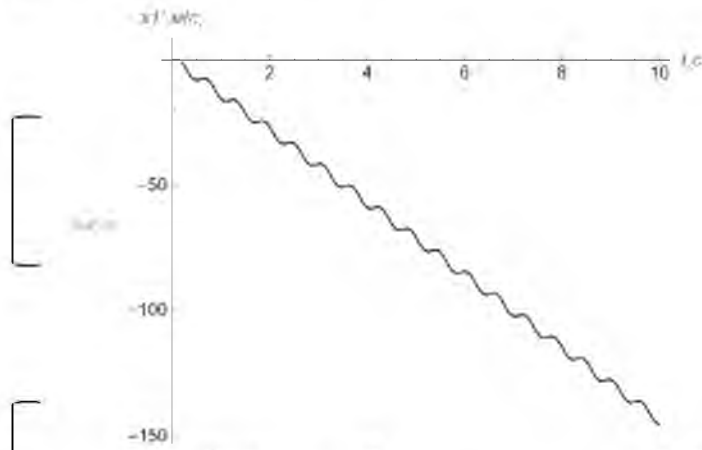
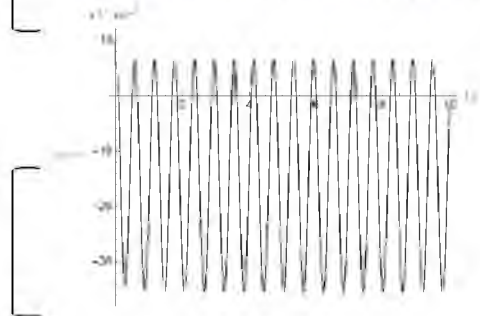
НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

```
p1 = Plot[Evaluate[x1'[t] /. Sol1], {t, 0, T}, PlotStyle -> {Black, Thickness[0.001]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
AxisLabel -> {Text[Style["t", FontSize -> 15, Italic], Text[Style["x1' [m/s]", FontSize -> 15, Italic]]}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> All, AspectRatio -> 0.6]
p2 = Plot[Evaluate[x1[t] /. Sol1], {t, 0, T}, PlotStyle -> {Black, Thickness[0.001]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
AxisLabel -> {Text[Style["t", FontSize -> 15, Italic], Text[Style["x1 [m]", FontSize -> 15, Italic]]}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> All, AspectRatio -> 0.6]
```



ІНІ  
НУБІП УКРАЇНИ  
НУБІП УКРАЇНИ  
НУБІП УКРАЇНИ

```
p2 = Plot[Evaluate[x2''[t] /. Sol1], {t, 0, T}, PlotStyle -> {Red, Thickness[0.003]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> {FontSize -> 12,  
[світло-синій] [темно-синій] [сірий] [чорний] [блідорозовий] [темно-синій] [сірий] [чорний]  
AxisLabel -> {Text[Style["t", c", FontSize -> 13, Italic]], Text[Style["x2''", c"/c", FontSize -> 13, Italic]}}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> All, AspectRatio -> 0.9]  
p3 = Plot[Evaluate[x2''[t] /. Sol3], {t, 0, T}, PlotStyle -> {Red, Thickness[0.003]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> {FontSize -> 12,  
AxisLabel -> {Text[Style["t", c", FontSize -> 13, Italic]], Text[Style["x2''", c"/c", FontSize -> 13, Italic]}}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> All, AspectRatio -> 0.9]
```

НУБІП Україна

НУБІП України

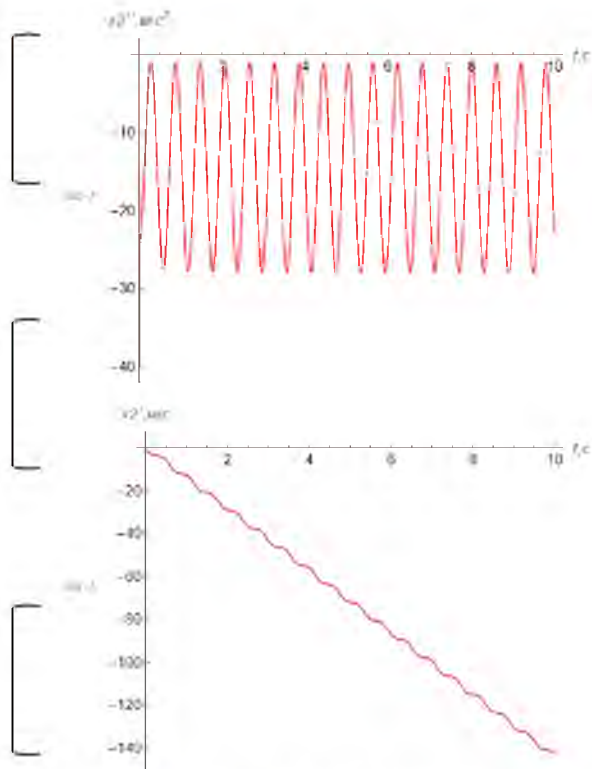
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

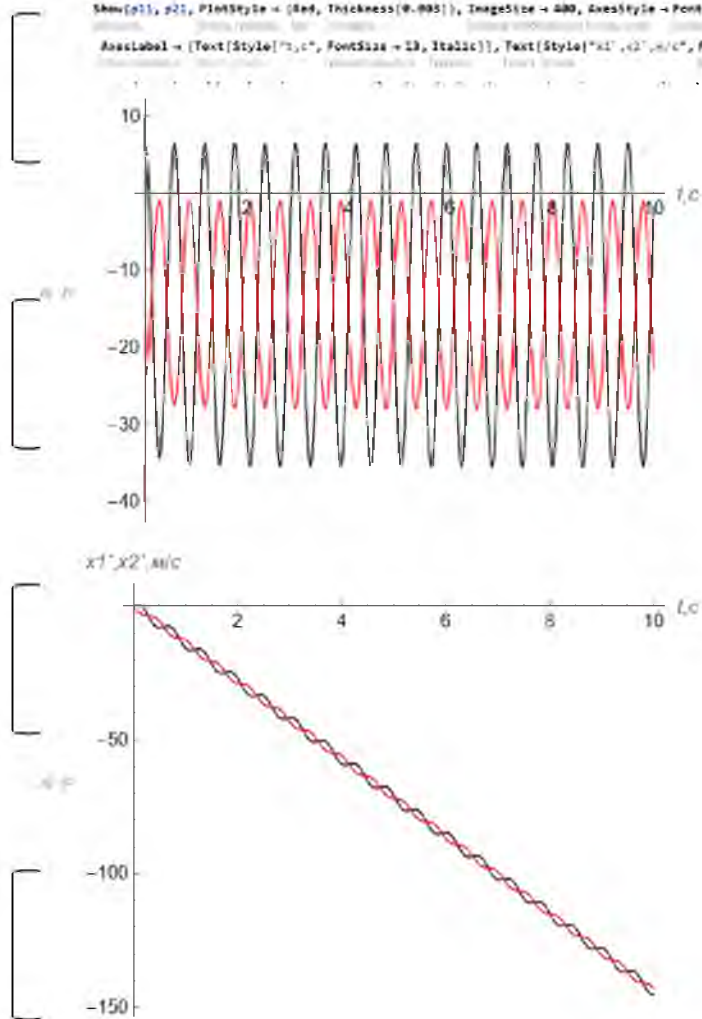
НУБІП України

НУБІП України



```
Show[p1, p2, PlotStyle -> {Red, Thickness[0.005]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
  AxesLabel -> {{Text[Style["t", s", FontSize -> 13, Italic]], Text[Style["x2'", "m/s", FontSize -> 13, Italic]]},
  {Text[Style["t", s", FontSize -> 13, Italic]], Text[Style["x2'", "m/s", FontSize -> 13, Italic]]}}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> All, AspectRatio -> 0.8]

Show[p1], p2], PlotStyle -> {Red, Thickness[0.005]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
  AxesLabel -> {{Text[Style["t", s", FontSize -> 13, Italic]], Text[Style["x1'", "m/s", FontSize -> 13, Italic]]},
  {Text[Style["t", s", FontSize -> 13, Italic]], Text[Style["x2'", "m/s", FontSize -> 13, Italic]]}}, AxesOrigin -> {0, 0}, PlotRange -> All, AspectRatio -> 0.8]
```



аіни

аіни

аіни

аіни

аіни

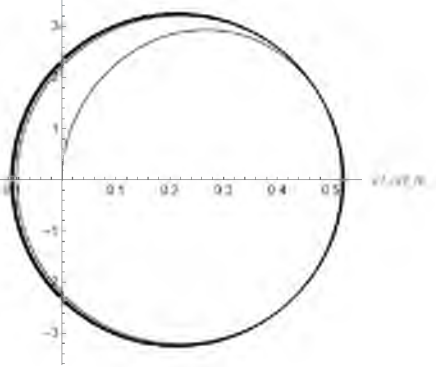
аіни

аіни

```

In[ ] := ParametricPlot[Evaluate[{{(x1[t] - x2[t]), (x1'[t] - x2'[t])} /. Soll}, {t, 0, T}], PlotStyle -> {Black, Thickness[0.003]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
]

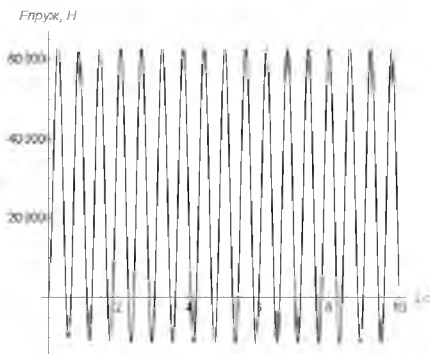
```



```

Plot[Evaluate[c * (x1[t] - x2[t]) /. Soll], {t, 0, T}, PlotStyle -> {Black, Thickness[0.003]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
]

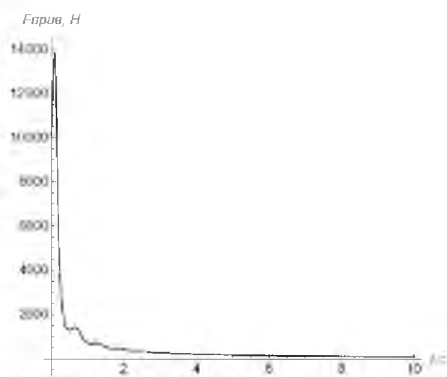
```



```

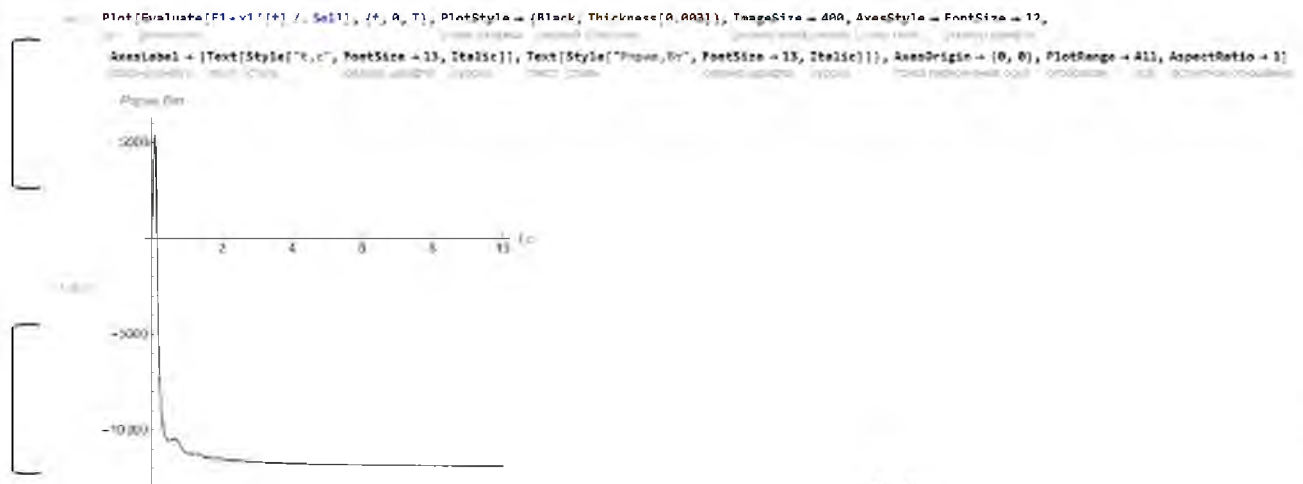
Plot[Evaluate[F1 /. Soll], {t, 0, T}, PlotStyle -> {Black, Thickness[0.003]}, ImageSize -> 400, AxesStyle -> FontSize -> 12,
]

```



НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Швидкість і прискорення 1 маси носять коливальний характер, при цьому максимальне значення швидкості перевищує уставлене значення в 2,15 разів.

Швидкість і прискорення 2 маси також мають коливальний характер як з часом затухають. При чому максимальні значення швидкості в 2,8 разів перевищують уставлене значення. Максимальне значення прискорення 2 маси складає  $30 \text{ м/с}^2$ , а 1 маси  $12,7 \text{ м/с}^2$ .

Аналіз фазового портрету коливання показує що коливання 1 і 2 маси з часом затухають при відносній деформації мас 10 см, максимальна деформація складала 14 см.

Пружне зусилля в канаті має коливальний характер, при цьому уставлене значення зусилля складає 12,5 кН, а максимальне 25,1 кН, що майже в 4 рази перевищує уставлене значення.

Рухі зусилля приводу також змінюється в коливальному режимі, де максимальне значення більше ніж в 3 рази перевищує уставлене значення.

Потужність приводу також змінюється в коливальному режимі. При уставленому значенні 10 кВт максимальне значення складає майже 30 кВт, що приводить до значного перевантаження двигуна в процесі пуску.

## 4.ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КОЗЛОВОГО КРАНА

### 4.1. Початок оптимізації

Для проведення оптимізації режиму руху механізму підйому розроблена механічна модель динаміки руху. На основі цієї моделі розроблено алгоритм оптимізації. Процес оптимізації включає в себе вибір критерію оптимізації. Знаходження його мінімального значення. Для певних краєвих умов руху, зокрема процесу пуску.

В якості критерію оптимізації використано інтегральний динамічний критерій який враховує витрати потужності приладу. В цьому критерію під інтегральною функцією використовується функція енергетичних ривків.

Критерій оптимізації:

$$V_0 = \frac{1}{t} \int_0^{t_1} V dt \rightarrow \min,$$

$V = \frac{1}{2} m_2 \ddot{x}_2^2$  - енергія ривків другої маси;

### 4.2. Розробка алгоритму

Умова мінімуму критерію

$$\frac{\partial V}{\partial x_2} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial V}{\partial \dot{x}_2} \right) + \frac{d^2}{dt^2} \left( \frac{\partial V}{\partial \ddot{x}_2} \right) - \frac{d^3}{dt^3} \left( \frac{\partial V}{\partial \ddot{\ddot{x}}_2} \right) = 0, \text{ рівняння Пуассона}$$

$$\frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot x_2} - \frac{0,06}{0,06 \cdot 1} \cdot \frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot \dot{x}_2} + \frac{0,06^2}{0,06 \cdot 1^2} \cdot \frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot \ddot{x}_2} - \frac{0,06^3}{0,06 \cdot 1^3} \cdot \frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 x_2} = 0;$$

$$\frac{\partial V}{\partial x_2} = \frac{\partial V}{\partial x_2^I} - \frac{\partial V}{\partial x_2^{II}} = 0;$$

$$\frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot x_2} - \frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot x_2^I} + \frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot x_2^{II}} = 0;$$

$$\frac{\partial V}{\partial x_2^I} = m x_2^{III};$$

$$\frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot x_2^I} = 2 \cdot x_2^{III};$$

$$\frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial V}{\partial x_2} = m x_2^{IV} = 0;$$

$$\frac{0,06^3}{0,06 \cdot 1^3} \cdot \frac{1,1 \cdot 0,5}{1,1 \cdot x_2} = 2 \cdot x_2^{IV} = 0;$$

$$x_2^{VI} = 0;$$

$$x_2^V = C_1;$$

$$x_2^V = 2,8 \cdot 10^{-5}$$

$$x_2^{IV} = C_1 t + C_2;$$

$$x_2^{IV} = 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 + 2,8 \cdot 10^{-5};$$

$$x_2^{III} = \frac{1}{2} C_1 t^2 + C_2 t + C_3;$$

$$x_2^{III} = \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^2 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 + 2,8 \cdot 10^{-5};$$

$$x_2^{II} = \frac{1}{6} C_1 t^3 + \frac{1}{2} C_2 t^2 + C_3 t + C_4;$$

$$x_2^{II} = \frac{1}{6} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^3 + \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^2 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 + 2,8 \cdot 10^{-5};$$

$$x_2^I = \frac{1}{24} C_1 t^4 + \frac{1}{2} C_2 t^3 + C_3 t^2 + C_4 t + C_5;$$

$$x_2^I = \frac{1}{24} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^4 + \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^3 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^2 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 + 2,8 \cdot 10^{-5};$$

$$x_2 = \frac{1}{120} C_1 t^5 + \frac{1}{2} C_2 t^4 + C_3 t^3 + C_4 t^2 + C_5 t + C_6;$$

$$x_2 = \frac{1}{120} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^5 + \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^4 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^3 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1^2 + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 + 2,8 \cdot 10^{-5};$$

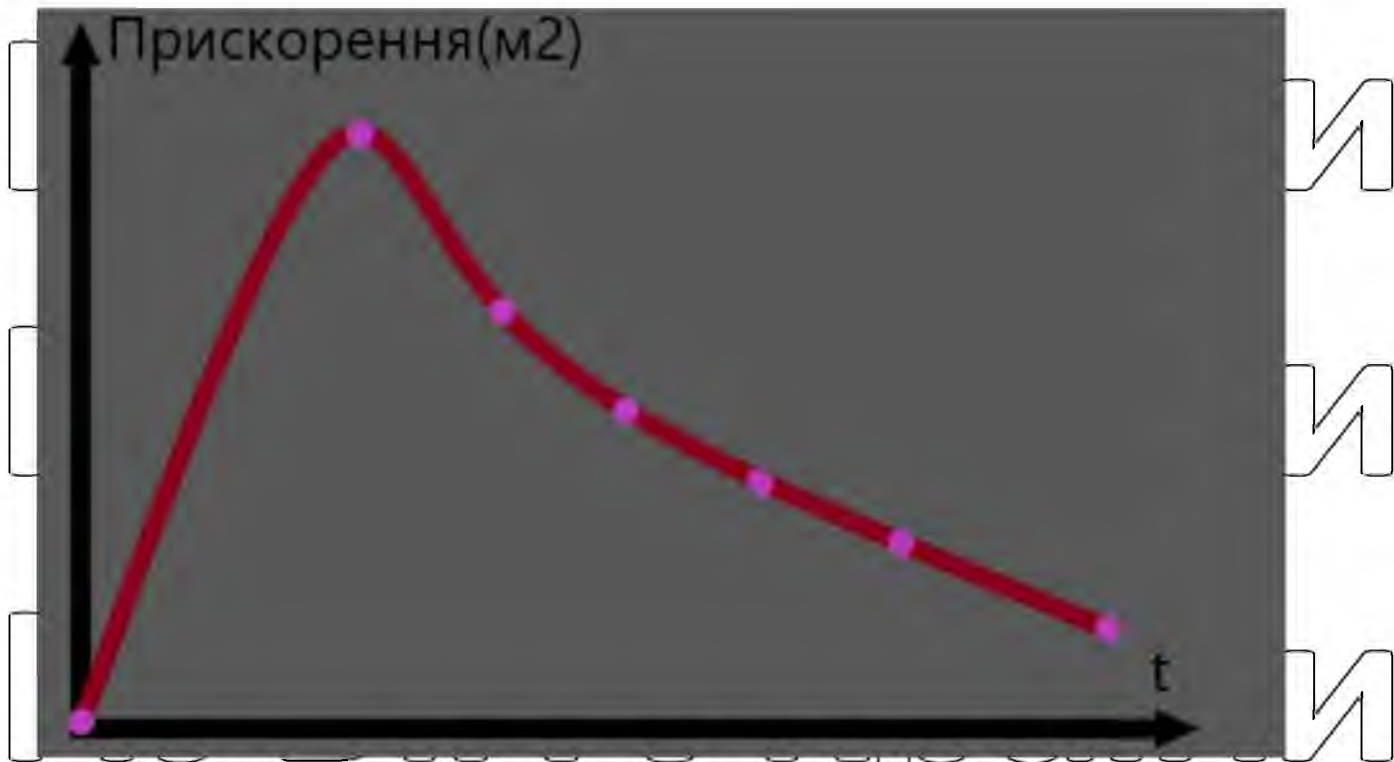


Рис 4.1. (Графік до режиму пуску)

$C_1, C_2, \dots, C_6$ -постійні інтегрування, що виражаються з умов руху:

$$t = 0; x_2 = 0, \dot{x}_2 = 0, \ddot{x}_2 = 0$$

$$t = t_1; x_2 = Vt_1/2, \dot{x}_2 = V, \ddot{x}_2 = 0; \text{-крайові умови руху}$$

### 4.3. Підстановка умов залежності

Після підстановки умов в залежності отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} C_6 = 0; \\ C_5 = 0; \\ C_4 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{120} C_1 t_1^5 + \frac{1}{24} C_2 t_1^4 + \frac{1}{6} C_3 t_1^3 = V t_1 / 2; \\ \frac{1}{24} C_1 t_1^4 + \frac{1}{6} C_2 t_1^3 + \frac{1}{2} C_3 t_1^2 = V; \\ \frac{1}{6} C_1 t_1^3 + \frac{1}{2} C_2 t_1^2 + C_3 t_1 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{120} 2,8 * 10^{-5} 5^5 + \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 = 2,5/2; \\ \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 = 0,5; \\ \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 + 2,8 * 10^{-5} * 5 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{120} 2,8 * 10^{-5} 5^5 + \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 = 2,5/2; \\ \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 = 0,5; \\ \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 + 2,8 * 10^{-5} * 5 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{120} 2,8 * 10^{-5} 5^5 + \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 = 2,5/2; \\ \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 = 0,5; \\ \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 + 2,8 * 10^{-5} * 5 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{120} 2,8 * 10^{-5} 5^5 + \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 = 2,5/2; \\ \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 = 0,5; \\ \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 + 2,8 * 10^{-5} * 5 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{120} 2,8 * 10^{-5} 5^5 + \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 = 2,5/2; \\ \frac{1}{24} 2,8 * 10^{-5} 5^4 + \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 = 0,5; \\ \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} * 5^3 + \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5^2 + 2,8 * 10^{-5} * 5 = 0; \end{cases}$$

Зведемо систему рівнянь до наступного виду:

$$\begin{cases} \frac{1}{20}C_1t_1^2 + \frac{1}{4}C_2t_1 + C_3 = \frac{3V}{t_1^2}; \\ \frac{1}{12}C_1t_1^2 + \frac{1}{3}C_2t_1 + C_3 = \frac{2V}{t_1^2}; \\ \frac{1}{6}C_1t_1^2 + \frac{1}{2}C_2t_1 + C_3 = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{20}2,8 * 10^{-5} * 5^2 + \frac{1}{4}2,8 * 10^{-5} * 5 + 2,8 * 10^{-5} = \frac{3 * 0,5}{5^2}; \\ \frac{1}{12}2,8 * 10^{-5} * 5^2 + \frac{1}{3}2,8 * 10^{-5} * 5 + 2,8 * 10^{-5} = \frac{2 * 0,5}{5^2}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{6}2,8 * 10^{-5} * 5^2 + \frac{1}{2}2,8 * 10^{-5} * 5 + 2,8 * 10^{-5} = 0; \\ 3 * 0,02 = 0,06; \\ 0,04 = 0,04; \\ 0 = 0; \end{cases}$$

$$C_3 = -\frac{1}{6}C_1t_1^2 - \frac{1}{2}C_2t_1;$$

$$C_3 = -\frac{1}{6}2,8 * 10^{-5} * 5^2 - \frac{1}{2}2,8 * 10^{-5} * 5;$$

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{6}\right)C_1t_1^2 + \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}\right)C_2t_1 = \frac{3V}{t_1^2}; \\ \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{6}\right)2,8 * 10^{-5} * 5^2 + \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}\right)2,8 * 10^{-5} * 5 = \frac{3 * 0,5}{5^2}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{6}\right)C_1t_1^2 + \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right)C_2t_1 = \frac{2V}{t_1^2}; \\ \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{6}\right)2,8 * 10^{-5} * 5^2 + \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right)2,8 * 10^{-5} * 5 = \frac{2 * 0,5}{5^2}; \end{cases}$$

$$-\frac{7}{60}C_1t_1 - \frac{1}{4}C_2 = \frac{3V}{t_1^3};$$

$$-\frac{7}{60}2,8 * 10^{-5} * 5 - \frac{1}{4}2,8 * 10^{-5} = \frac{3 * 0,5}{5^3};$$

$$-\frac{1}{12} C_1 t_1 - \frac{1}{6} C_2 = \frac{2V}{t_1^3};$$

$$-\frac{1}{12} 2,8 * 10^{-5} * 5 - \frac{1}{6} 2,8 * 10^{-5} = \frac{2 * 0,5}{5^3};$$

$$-\frac{7}{15} C_1 t_1 - C_2 = \frac{12V}{t_1^3};$$

$$-\frac{7}{15} 2,8 * 10^{-5} * 5 - 2,8 * 10^{-5} = \frac{12 * 0,5}{5^3};$$

$$-\frac{1}{2} C_1 t_1 - C_2 = \frac{12V}{t_1^3};$$

$$-\frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5 - 2,8 * 10^{-5} = \frac{12 * 0,5}{5^3};$$

$$C_2 = -\frac{12V}{t_1^3} - \frac{1}{2} C_1 t_1;$$

$$C_2 = -\frac{12 * 0,5}{5^3} - \frac{1}{2} 2,8 * 10^{-5} * 5;$$

$$\left(-\frac{7}{15} + \frac{1}{2}\right) C_1 t_1 = \frac{12V}{t_1^3} - \frac{12V}{t_1^3};$$

$$\left(-\frac{7}{15} + \frac{1}{2}\right) 2,8 * 10^{-5} * 5 = \frac{12 * 0,5}{5^3} - \frac{12 * 0,5}{5^3};$$

$$\frac{1}{30} C_1 t_1 = 0; C_1 = 0;$$

$$C_2 = -\frac{12V}{t_1^3}; C_2 = -\frac{12 * 0,5}{5^3};$$

$$C_3 = \frac{6V}{t_1^2}; C_3 = \frac{6 * 0,5}{5^2};$$

$$x_2 = -\frac{1}{2} V_2 \frac{t^4}{t_1^3} + V \frac{t^3}{t_1^2} = V \frac{t^3}{t_1^2} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{t}{t_1}\right);$$

$$x_2 = -\frac{1}{2} 0,5 * \frac{1^4}{5^3} + 0,5 \frac{1^3}{5^2} = 0,5 \frac{1^3}{5^2} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{1}{5}\right);$$

$$x_2 = 0,018;$$

$$x_2 = 6 * 0,5 \frac{t_3}{3} + 6 * 0,5 \frac{t_2}{3} = 6 * 0,5 \frac{1}{3} (1 - \frac{t_1}{5});$$

$$x_2 = 0,144;$$

$$x_2 = -6V \frac{t_3}{2} + 6V \frac{t_2}{t} = 6V \frac{t_1}{t} (1 - \frac{t_1}{t});$$

$$x_2 = 0,096;$$

$$x_2 = -2 * 0,5 \frac{t_3}{5} + 3 * 0,5 \frac{t_2}{5} = 0,5 \frac{t_1}{5} (3 - 2 \frac{t_1}{5});$$

$$x_2 = 0,5;$$

$$x_2 = -2 * 0,5 \frac{t_3}{3} + 3 * 0,5 \frac{t_2}{3} = 0,5 \frac{t_1}{3} (3 - 2 \frac{t_1}{3});$$

$$x_2 = 0,072;$$

$$x_2 = -2V \frac{t_3}{2} + 3V \frac{t_2}{t} = V \frac{t_1}{t} (3 - 2 \frac{t_1}{t});$$

$$x_2 = 0,016;$$

$$x_2 = -\frac{1}{2} * 0,5 * \frac{t_3}{5} + 0,5 \frac{t_2}{5} = 0,5 \frac{t_1}{5} (1 - \frac{t_1}{25});$$

$$x_2 = 1,25;$$

$$x_2 = -\frac{2}{0,5} * 0,5 * \frac{t_3}{3} + 0,5 \frac{t_2}{3} = 0,5 \frac{t_1}{3} (1 - \frac{t_1}{13});$$

$$x_2 = 0,378;$$

$$\ddot{x}_2 = -12 * 0,5 \frac{5^2}{5^3} + 6 * 0,5 \frac{5}{5^2} = 6 * 0,5 \frac{5}{5^2} \left(1 - \frac{5}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 0;$$

$$\ddot{x}_2 = -12V \frac{t}{t_1^3} + 6V/t_1^2 = 6V \frac{t}{t_1^2} \left(1 - \frac{t}{t_1}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = -12 * 0,5 \frac{1}{5^3} + 6 * -0,5/5^2 = 6 * 0,5 \frac{1}{5^2} \left(1 - \frac{1}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 0,096;$$

$$\ddot{x}_2 = -12 * 0,5 \frac{3}{5^3} + 6 * -0,5/5^2 = 6 * 0,5 \frac{3}{5^2} \left(1 - \frac{3}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 0,144;$$

$$\ddot{x}_2 = -12 * 0,5 \frac{5}{5^3} + 6 * -0,5/5^2 = 6 * 0,5 \frac{5}{5^2} \left(1 - \frac{5}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 0$$

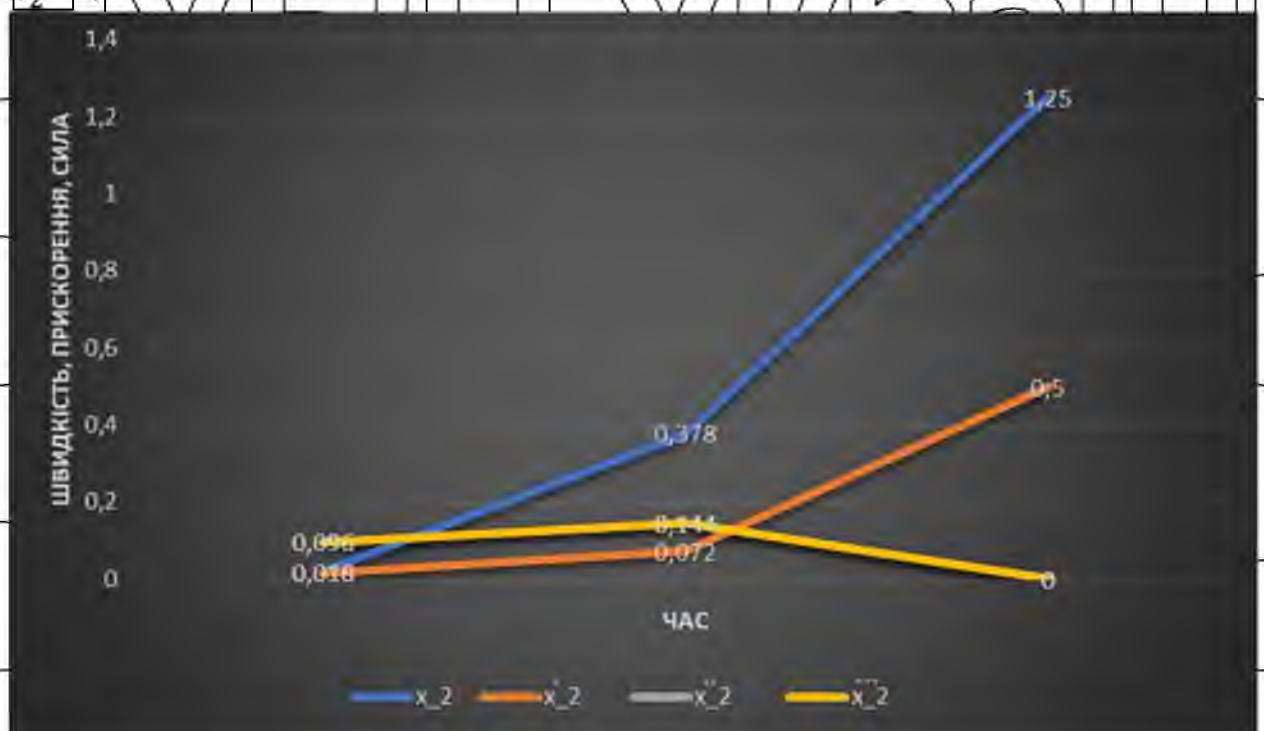


Рис 4.2. Графіки до розрахунків

НУБІП України

$$x_2^{IV} = \frac{12V}{t_1^3}; x_2^{IV} = \frac{12 \cdot 0,5}{5^3}; x_2^{IV} = 119;$$

Рухітне зусилля в тяговому канаті

$$F_1 = m_1 \ddot{x}_1 + m_2 \ddot{x}_2 + F_2 = m_1 \left[ 6V \frac{t}{t_1^2} \left( 1 - \frac{t}{t_1} \right) - \frac{m_2 12V}{c t_1^3} \right] + m_2 * 6V \frac{t}{t_1^2} \left( 1 - \frac{t}{t_1} \right) + F_2 =$$

$$(m_1 + m_2) \frac{6V}{t_1^2} \left( 1 - \frac{t}{t_1} \right) - \frac{m_2 12V}{c t_1^3} + F_2;$$

$$F_1 = 1759 * 0,072 + 2750 * 0,09 = 1759 \left[ 6 * 0,5 \frac{5}{25} \left( 1 - \frac{1}{5} \right) - \frac{1759 * 12 * 0,5}{280000 * 5^3} \right] +$$

$$2750 * 6 * 0,5 \frac{1}{25} \left( 1 - \frac{1}{5} \right) + 65400 = (1759 + 2750) \frac{6 * 0,5}{25} \left( 1 - \frac{1}{5} \right) -$$

$$12 \frac{1759 * 2750 + 0,5}{280000 * 5^3} + 65400;$$

$$m_1 \ddot{x}_1 = F_1 - C(x_1 - x_2);$$

$$1759 * 0,072 = 51022 - 280000(x_1 - x_2);$$

$$126648 = -228978(x_1 - x_2);$$

$$m_2 \ddot{x}_2 = F_1 + C(x_1 - x_2);$$

$$2750 * 0,144 = 51022 + 280000(x_1 - x_2);$$

$$396 = 331022(x_1 - x_2);$$

$$C(x_1 - x_2) = m_2 \ddot{x}_2 + F_2;$$

$$280000(x_1 - x_2) = 396 + 51022;$$

$$280000(x_1 - x_2) = 51418;$$

$$x_1 = x_2 + \frac{m_2}{C} \ddot{x}_2 + \frac{F_2}{C};$$

$$x_1 = 0,09 + \frac{2750}{280000} 0,096 + \frac{51022}{280000};$$

$$x_1 = 0,09 + \frac{2750}{280000} 0,144 + \frac{51022}{280000};$$

$$x_1 = 0,09 + \frac{2750}{280000} 0 + \frac{51022}{280000};$$

$$x_1 = 0,27; 0,27; 0,27$$



$$x_2 = V \frac{t^3}{t_1^2} \left(1 - \frac{t}{2t_1}\right);$$

$$x_2 = 0,5 \frac{1^3}{5^2} \left(1 - \frac{1}{2 \cdot 5}\right);$$

$$x_2 = 0,5 \frac{3^3}{5^2} \left(1 - \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 5}\right);$$

$$x_2 = 0,5 \frac{5^3}{5^2} \left(1 - \frac{1 \cdot 5}{2 \cdot 5}\right);$$

$$x_2 = 0,09; 0,378; 1,25;$$

$$\ddot{x}_2 = 6V \frac{t}{t_1^2} \left(1 - \frac{t}{t_1}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 6 * 0,5 \frac{1}{25} \left(1 - \frac{1}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 6 * 0,5 \frac{3}{25} \left(1 - \frac{3}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 6 * 0,5 \frac{5}{25} \left(1 - \frac{5}{5}\right);$$

$$\ddot{x}_2 = 0,096; 0,144; 0;$$

$$x_1 = V \frac{t^3}{t_1} \left(1 - \frac{t}{2t_1}\right) + \frac{m_2}{c} 6V \frac{t}{t_1^2} \left(1 - \frac{t}{t_1}\right);$$

$$x_1 = 0,5 \frac{1^3}{5} \left(1 - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 5}\right) + \frac{2750}{280000} 6 * 0,5 \frac{1}{25} \left(1 - \frac{1}{5}\right);$$

$$x_1 = 0,5 \frac{3^3}{5} \left(1 - \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 5}\right) + \frac{2750}{280000} 6 * 0,5 \frac{3}{25} \left(1 - \frac{3}{5}\right);$$

$$x_1 = 0,5 \frac{5^3}{5} \left(1 - \frac{1 \cdot 5}{2 \cdot 5}\right) + \frac{2750}{280000} 6 * 0,5 \frac{5}{25} \left(1 - \frac{5}{5}\right);$$

$$x_1 = 0,09; 1,89; 6,25;$$

$$\dot{x}_1 = \dot{x}_2 + \frac{m_2}{c} \ddot{x}_2;$$

$$\dot{x}_1 = 0,016 + \frac{2750}{280000} 0,096;$$

$$\dot{x}_1 = 0,072 + \frac{2750}{280000} 0,144;$$

$$\dot{x}_1 = 0,5 + \frac{2750}{280000} 0;$$

$$\dot{x}_1 = 0,00001 \cdot 0,22 \cdot 0$$

$$\ddot{x}_1 = \dot{x}_2 + \frac{m_2}{\sigma} x_2^{(IV)}$$

$$\dot{x}_1 = 0,096 + \frac{2750}{280000} 119;$$

$$\ddot{x}_1 = 0,144 + \frac{2750}{280000} 119$$

$$\ddot{x}_1 = 0 + \frac{2750}{280000} 119$$

$$\dot{x}_1 = 1,26; 1,3; 1,1;$$

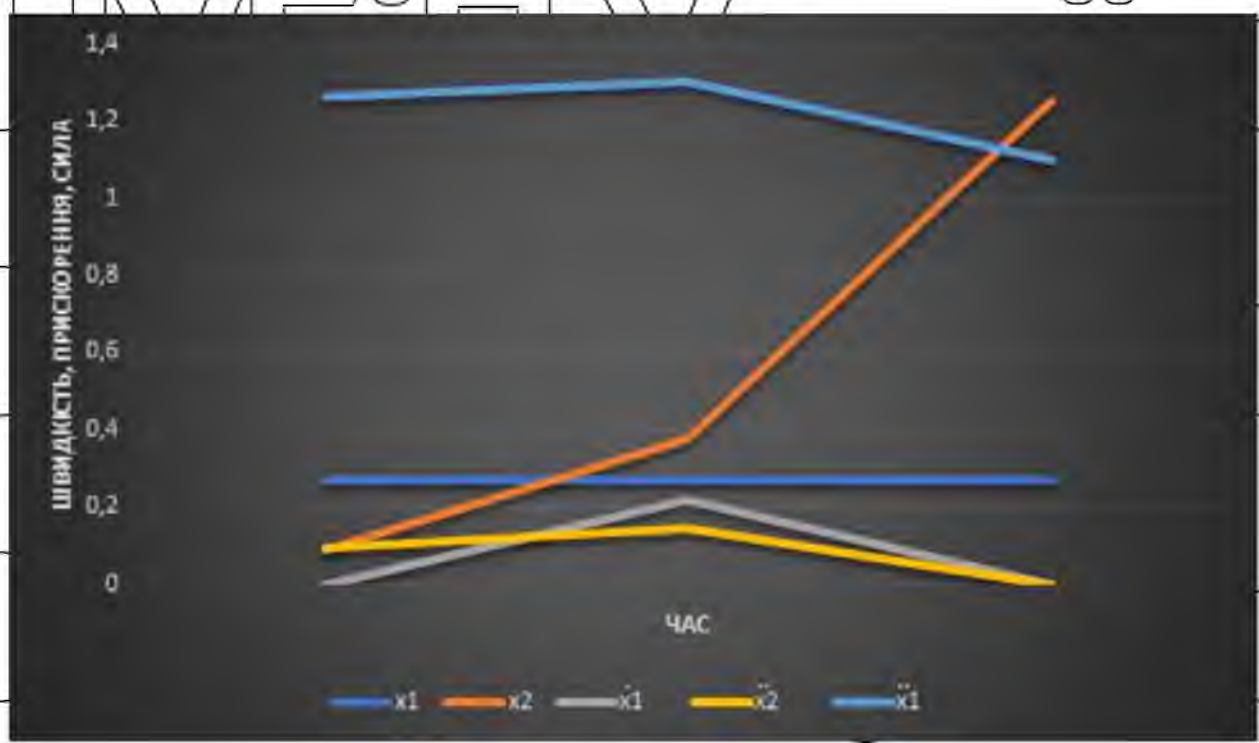


Рис 4.3. Графіки до розрахунків

Все що з індексом один відноситься до першої маси, а з індексом два до другої.

# НМБІП Україна

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні положення

Інструкція з охорони праці машиніста козлового крана визначає вимоги безпеки під час виконання ним своїх обов'язків.

Інструкцію з охорони праці для машиніста козлового крана розроблено відповідно до вимог ст. 13 нормативно-правового акта з безпеки та галузі, у т.ч. Принципи охорони праці під час вантажно-

розвантажувальних робіт, затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19 січня 2015 р. № 21.

Працівники, які порушують вимоги цього керівництва, несуть особисту відповідальність у встановленому законодавством порядку.

Кранівник має доповідати безпосередньому керівнику про будь-які ситуації, які можуть нести шкоду життю та здоров'ю людей, про будь-який нещасний випадок, що стався під час роботи в його присутності, про погіршення свого здоров'я, у тому числі про будь-які симптоми захворювання (отруєння).

Виробничими факторами, небезпечними та шкідливими для працівника, можуть бути:

- підвищені зорові навантаження;
- рухомі (у тому числі обертові) частини виробничого обладнання та інструменту;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- підвищена запиленість та загазованість робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря у робочій зоні; [25]

Машиніст крана зобов'язаний дотримуватись правил підприємства (місця роботи), режиму праці та відпочинку, виконувати вимоги інструкції з охорони праці.

У разі отримання пошкоджень травми та відмови обладнання кранівник повинен припинити роботу та повідомити про ситуацію, що сталася своєму безпосередньому керівнику та особі, відповідальній за безпечний перебіг робіт, надати собі або іншому працівникові першу допомогу та організувати транспортування потерпілого до лікувально-профілактичного закладу.

Працівник зобов'язаний знати та дотримуватися правил особистої гігієни.

Забороняється тримати на робочому місці легкозаймисті або вибухонебезпечні матеріали.

За порушення (невиконання) вимог нормативних правових актів з охорони праці працівник підлягає дисциплінарній, а у відповідних випадках матеріальну та кримінальну відповідальність у порядку, встановленому законодавством.

У процесі роботи працівник проходить: початкову підготовку з охорони праці та пожежної безпеки, початкову підготовку – на робочому місці та перепідготовку: з охорони праці – двічі на рік, з охорони праці – один раз на рік.

Працівник, який не досяг 18-річного віку, пройшов спеціальне навчання за фахом, може працювати за станом здоров'я відповідно до медичної довідки лікувально-профілактичної установи та має посвідчення, що підтверджує право керування краном цього типу, допущено до роботи машиністом козлового крана. [25]

Машиніст козлового крана повинен:

- дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку;
- пам'ятати про особисту відповідальність за дотримання правил охорони праці;
- вміти надавати першу допомогу постраждалим у разі нещасного випадку;
- вміти користуватися основними засобами пожежогасіння;
- знати будову крана, а саме будову і призначення його механізмів, а також приладів безпеки;

- повинно бути вміння погасити пожежу;
- треба знати складові механізмів крана, а також приладів безпеки;
- вільні навички водіння;
- знати встановлений порядок обміну сигналами із стропальниками;
- знати безпечні способи підвішування та кріплення вантажів;
- може визначити придатність канатів, знімних вантажозахоплювальних пристроїв (стропів, траверс, захватів та ін.) та контейнерів до експлуатації;
- вивчення правил безпечного переміщення вантажів кранами. [25]

Працівник повинен пам'ятати, що крани та вантажопідйомні машини входять до переліку обладнання підвищеної небезпеки, для використання якого виробник чи постачальник такого обладнання повинен мати ліцензію Державної служби праці.

Забороняється експлуатувати крани без дозволу, виданого Державною службою праці.

Положення машиніста крана та взаємне розташування його елементів повинні відповідати характеру робіт, забезпечувати зручне становище машиніста, його безпеку та можливість виконання робочих маніпуляцій. [25,26]

При переміщенні вантажу на устаткуванні повинні використовуватися марковані, справні, вантажопідйомні знімні підйомні пристрої та знімні підйомні пристрої, що пройшли огляд та випробування. [25,26]

Технічний стан усіх видів підйомно-транспортного обладнання, механізмів та ємностей повинен забезпечувати безпечну роботу з ними та відповідати умовам експлуатації, зазначеним у технічному паспорті виробника. [26]

Не допускається робота на вантажопідіймальній машині (крані, крані-навантажувачі) при швидкості вітру, що перевищує значення, зазначене в паспорті машини, а також під час снігопаду, туману, дощу, що обмежують видимість у робочій зоні. [26]

Не допускається робота на вантажопідйомній машині, якщо температура навколишнього середовища нижча від значень, зазначених у паспорті машини.

Знімні вантажозахоплювальні пристрої (стропи, траверси) перед введенням в експлуатацію повинні піддаватися повному технічному огляду та мати бирки із зазначенням дати огляду, інвентарного номера пристрою та його максимальної вантажопідйомності.[26]

Електроустаткування транспортних засобів з акумуляторним живленням повинно забезпечувати безвідмовну роботу приладів освітлення, сигналізації та електроуправління, а також унеможлиблювати іскріння в кабелях та клеммах. Кабелі електричних пристроїв повинні мати неушкоджену ізоляцію.

Акумулятор має бути надійно закріплений та закритий кришкою. Не допускається витікання електроліту з акумуляторного моноблоку.

Машиніст козлового крана не повинен:

- самостійний ремонт крана, його механізмів або електроустаткування, огляд та ремонт головних візків та струмоприймачів, заміна запобіжників (плавких запобіжників);

- перевіряти та очищати кран при включеному вимикачі в кабіні кранівника;

- увімкнути автоматичний вимикач та привести в дію підйомні механізми, коли люди знаходяться у галереї;

- допускаються винятки для слюсарів та електриків під час перевірки підйомних механізмів;

- у цьому випадку кранівник тільки слідує вказівкам інспектора і може увімкнути автоматичний вимикач та

механізми крана під його керуванням, якщо він знаходиться в полі зору кранівника;

- залишати інструмент, а також будь-яке незакріплене обладнання або деталі на підлозі галереї або на візку крана;

- скидати будь-що з верхівки крана донизу;
- входити та виходити з крана під час його руху;
- виходити на підкранові шляхи, перелазити з одного крана на

інший та переміщатися з однієї галереї моста на іншу за допомогою візка;

- заклинювання контакторів, відключення гальм, кінцевих вимикачів, контактів блокування та електрозахисту.

## 5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Залишіть свій міський одяг та особисті речі у гардеробі.

Одягніть спеціальний одяг, взуття, одягніть засоби особистої гігієни.

Ознайомитись зі станом підйомника за записами в змінному журналі, а при отриманні підйомника, який раніше був в експлуатації, дізнатися про стан підйомника у кранівника, що здає зміну.

Перевірити механізми крана, гальма, шасі, буфера та їх кріплення.

Перевірити стан канатів та їх кріплення на барабані, а також розташування канатів у пазах блоків та барабанів.

Перевірте гак та його кріплення до тримача, ланцюга та кільця підвіски вантажопідіймального магніту (на магнітних кранах) та інших вантажозахоплювальних змінних органів.

Провести зовнішній огляд (без зняття корпусу та розбирання) електротехнічних пристроїв (вимикачі, контактори, органи управління, пускові резистори, гальмівні соленоїди, кінцеві вимикачі, контролери команд, магнітні керуючі пристрої та троси під час живлення крана від мережі з кабелем).[25,26]

Переконайтеся, що на крані немає сторонніх предметів, які можуть впасти під час руху крана.[26]

Переконайтеся, що на крані або підкранових коліях немає ремонтного персоналу або сторонніх осіб.[26]

### 5.3. Вимоги безпеки під час роботи

Машиніст козлового крана повинен виконувати лише ті роботи, для яких він пройшов навчання, інструктаж з охорони праці та допущений працівником, відповідальним за безпечне виконання робіт, і лише на тому обладнанні, на якому він може працювати відповідно до своїх обов'язків.

професійна освіта та кваліфікація; Не допускайте роботи з пристроєм осіб, які не уповноважені на керування обладнанням.

Не довіряйте свою роботу третім особам.

Під час роботи слід бути уважним, не відволікатися на сторонні справи та розмови.

Необхідно суворо дотримуватись інструкцій з експлуатації пристроїв, що використовуються в роботі. Забороняється самостійно усувати несправності у роботі устаткування.

Кранівник повинен дотримуватись правил пересування у приміщенні та на території, користуватися лише проходами та переходами, призначеними для руху транспорту. Не захаращуйте встановлені фрагменти та фрагменти.

Машиніст крана повинен дотримуватися режиму праці та відпочинку залежно від тривалості та виду роботи (раціональний режим праці та відпочинку полягає в перервах), зберігати та отримувати їжу тільки у відведених та спеціально обладнаних місцях.

Машиніст козлового крана повинен дотримуватись вимог та рекомендацій щодо знаків безпеки, кольорів сигнального маркування; можливість надання першої допомоги постраждалим під час ДТП; знати номери телефонів для виклику екстрених служб (пожежної частини, швидкої допомоги, газової швидкої допомоги та ін.) та для екстреного інформування безпосереднього та вищого керівництва, місцезнаходження аптечки, способи евакуації людей при НС.

До роботи не допускаються працівники у стані алкогольного, наркотичного чи токсикологічного сп'яніння.



Оператор порталу повинен лише входити та виходити з крана через посадкову платформу.

Доступ до кранів з безпосереднім виходом на палубу кабіни або галереї без майданчика (козлові крани), а також спуск із них допускається лише у спеціально відведених місцях.

Під час роботи крана робітник повинен стежити, щоб робоче місце під краном було освітлено.

Перед увімкненням механізмів крана робітник повинен подати попереджувальний звуковий сигнал.

Ця вимога також повинна виконуватись у разі зупинки крана.

Оператор порталу повинен зупинити портал за сигналом "Стоп", незалежно від того, хто його подає.

Перед виконанням будь-яких рухів краном працівник повинен переконатися, що у зоні дії крана немає сторонніх, яке помічник і стажист перебувають у безпечному місці.

Перед виконанням будь-якої операції, а також за наявності людей на шляху вантажу, машиніст крана повинен подавати попереджувальний звуковий сигнал; якщо люди не йдуть із вантажного шляху, кранівник зобов'язаний зупинити рух.

Машиніст козлового крана необхідно включати механізми крана тільки за сигналом рогатки; якщо останній подає неправильний сигнал, співробітник неспроможна йому підкоритися; Як кранівник, так і стропальник, що подав неправильний сигнал, несуть відповідальність за збитки та травми, завдані краном через неправильний сигнал.

Вантаж, що переміщується краном, може опускатися тільки на призначене для цього місце, що унеможливорює падіння, перекидання або зісковзування вантажу.

Оператор козлового крана повинен опустити вантаж і зупинити кран:

- у випадку поломки або зіпсування крана;

- при випаданні канатів з барабана або блоків, утворенні петель на канатах або виявленні пошкоджень канатів;
- через несправність приладів та запобіжних пристроїв;
- чи знаходяться під напругою корпуси електроприладів чи металоконструкції ліфта;

- якщо часто спрацьовує струмовий або тепловий захист електродвигунів.

Машиніст козлового крана може розпочати роботу на крані після його ремонту лише за згодою працівника, відповідального за утримання кранів у справному стані. Цей дозвіл має бути записаний у журналі змін.

Машиніст козлового крана повинен стежити за тим, щоб під час його руху на коліях крана не було людей та предметів.

Залишаючи кабінку крана, який переміщується разом із кузовом змінного навантаження, спочатку переконайтеся, що останній знаходиться близько до посадкової платформи.

#### **5.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи**

Вимкнути (зупинити) машини, механізми, обладнання, що використовуються в роботі, використовуючи для цього спеціальні кнопки та пристрої.

Опустіть вантаж на землю, зніміть стропи і підніміть гак у верхнє положення.

Поставте кран на місце для паркування, загальмуйте його.

Вимкніть та заблокуйте вимикач живлення кабелю.

Оглянути кран, перевірити роботу механізмів та запобіжних пристроїв, зробити запис у журналі змін про передачу крана та його стан.

Інформувати керівника безпосередньо або за допомогою узгоджених засобів зв'язку про всі виявлені під час роботи недоліки, що впливають на безпеку праці.

ПЗУ ДІІ І У КРАІНІ

При змінній роботі переносити робоче місце певним чином, повідомляти перевертню про особливості, що спостерігаються під час роботи.

Зніміть одяг та взуття для різноманітності. Помістіть їх у спеціально відведене місце для зберігання або пункт збору для очищення та миття.

Вимийте руки та обличчя водою з милом. Якщо є можливість, прийміть душ.

### **5.6.Вимоги безпеки при аварійних ситуаціях**

В екстреній ситуації слід сповістити людей, що перебувають поряд, про небезпеку і слідувати плану ліквідації аварії, припинити роботи, взяти заходів щодо запобігання травматизму і евакуювати людей і тварин з небезпечної зони.

У разі спалаху або спалаху необхідно негайно повідомити про це пожежну команду та попередити оточуючих та взяти заходів щодо гасіння пожежі.

У разі травми або раптового захворювання припинити роботу і звернутися за допомогою до медичного працівника, а в іншому випадку надати першу допомогу собі або іншим постраждалим та повідомити про те, що сталося, безпосередньому керівнику. Потім дотримуйтеся його інструкцій.

У ситуаціях, що загрожують життю та здоров'ю, залишити небезпечну зону.

Якщо людина зазнала впливу електричного струму, негайно знеструмити приміщення (відключити автомат на розподільчому щиті або вимикачі).

#### Дії при ураженні електричним струмом:

необхідно звільнити постраждалого від впливу електричного струму, відключивши електрообладнання від джерела живлення, а при неможливості

відключення відтягнути його від струмопровідних частин одягом або ізолюючим матеріалом на руці;

за відсутності дихання та пульсу потерпілого необхідно штучне дихання та непрямий (зовнішній) масаж серця, звертаючи увагу на зіниці.

Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу у головному мозку. У цьому стані негайно почніть серцево-легеневу реанімацію, а потім викликайте швидку медичну допомогу.

#### Дії при травмі:

для надання першої допомоги при травмі розкрити упаковку апарату, накласти на рану стерильний перев'язувальний матеріал та зав'язати бинтом; при відсутності індивідуальної упаковки перев'язати чистою хусткою, чистою лляною серветкою і т. д. Доцільно нанести кілька крапель розчину йоду безпосередньо на рану замість серветки, щоб отримати місце більше рани, і потім прикладіть тканину до рани.

#### Дії при переломах, вивихах, ударах, розтягуваннях:

при переломах та вивихах кінцівок необхідно зміцнити пошкоджену кінцівку шиною, фанерною дошкою, ціпком, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна повісити з пов'язкою або косинкою на шию і забинтувати поверх тіла;

при підозрі на перелом черепа (несвідомий стан після удару по голові, кровотеча з вух або рота) покласти на голову холодний предмет (грілку з льодом або снігом чи холодною водою) або зробити холодну примочку;

при підозрі на перелом хребта потерпілого слід покласти на дошку, не піднімаючи його, або перевернути обличчям вниз на живіт, стежачи за тим, щоб тулуб не прогинався, щоб уникнути пошкодження спинного мозку;

при переломі ребер, симптомом якого є біль при диханні, кашлі, чханні, рухах необхідно туго перев'язати грудну клітину або стягнути її рушником на видиху.

#### Дії при термічних опіках:

при опіках, викликаних вогнем, парою або гарячими предметами – ні в якому разі не можна розкривати пухирі, що утворилися, і перев'язувати опіки;

при опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою в етиловому спирті; при опіках другого ступеня (пухирі) обпалену поверхню обробляють спиртом, 3% розчином марганцівки або 4% розчином дубильних речовин;

при опіках третього ступеня (руйнування шкірних тканин) накласти стерильну пов'язку на рану та викликати лікаря.

Дії при кровотечі:

для зупинки кровотечі підняти пошкоджену кінцівку вгору, прикрити кровоточиву рану тканиною (з мішка), згорнутої в клубок, притиснути її зверху, не торкаючись рани, потримати 4 хв;

у разі рясної кровотечі, яку неможливо зупинити пов'язкою, на кровопостачальні зони поранення судини чинять тиск згинанням кінцівок у суглобах, а також пальцями, джгутом або закручуванням; у разі сильної кровотечі терміново викликати лікаря.

**5.7 Тривалість робочого дня** працівників будівельних організацій складає 8

годин при п'ятиденному робочому тижні з двома вихідними. Для працівників

окремих професій із шкідливими умовами праці встановлюється скорочений робочий день – 7 годин. За власною ініціативою працівники можуть працювати довше за встановлений законодавством робочий день, це можливо при роботі окремої особи або колективу за розрізним порядком. Протягом

робочого дня, але не пізніше 4 годин після його початку, працівникам

надається обідня перерва тривалістю не менше 30 хвилин. Взимку, коли холоднішає температура опускається нижче  $-20^{\circ}\text{C}$ , працівникам надається додаткова десятихвилинна перерва після кожної робочої години. При

температурі від  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$ , крім надання додаткових перерв, робочий

день скорочується на 1 годину, при температурі нижче  $-30^{\circ}\text{C}$  робота забороняється.

## 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Кошторис витрат, який був виконаний мною в моїй бакалаврській роботі на утримання і експлуатацію крана, був узятий для магістерської роботи із деякими допрацюваннями.

Найменування показників	Варіанти, грн.		
базова модель	модернізована модель	+ -	
1) Амортизація	8500	8800	+300
2) Поточний ремонт	7400	6700	-700
3) Електроенергія	3600	3200	-400
4) Заробітна плата робітників	58240	58240	
- основна	49920	49920	
- додаткова	9728	9728	
5) Нарахування на заробітну плату	10496	10496	
6) Допоміжні матеріали	448	384	-64
7) Охорона праці	1152	1152	
8) Разом	89836	88972	-864

Розрахунок економічної ефективності модернізації козлового крана.

<u>показники</u>	<u>Од. вимір.</u>	<u>варіанти</u>		
<u>базова модель</u>	<u>модернізова</u> <u>на модель</u>	+ -		
1	2	3	4	5
1) <u>Продуктивність крана</u>	<u>тонн</u>	<u>35916</u>	<u>51559</u>	<u>+15643</u>
2) <u>Капітальне вкладення</u>	<u>грн.</u>	<u>184832</u>	<u>178432</u>	<u>-6400</u>
3) <u>Витрати на утримання і експлуатацію крана</u>	<u>грн.</u>	<u>89952</u>	<u>89024</u>	<u>-928</u>
3.1 <u>Всього</u>	<u>грн.</u>	<u>2502</u>	<u>1728</u>	<u>-774</u>
3.2 <u>На 1 тону вантажу</u>				
4) <u>Економія на весь обсяг</u>	<u>грн.</u>	<u>39929</u>		
5) <u>Термін окупності</u>	<u>років.</u>	<u>0,16</u>		
	<u>місяців</u>	<u>1,9</u>		

Відно за розрахунками після покращення отримана економія 39929грн., термін окупності додаткових витрат на покращення в сумі 6400 грн., склав 1.9 місяців.

Витрати на модернізацію включають: витрати на придбання матеріалів та двигуна МТФЗП1-6, МСР0Т2-6, МТФП2-6, редукторів Ц2-400,2-300, Ц2-250, з'єднувальних муфт, галем, витрати на оплату праці бітників.

<u>показники</u>	<u>Од. вимір.</u>	<u>варіанти</u>		
<u>базова модель</u>	<u>модернізована модель</u>	+ -		
1) <u>Вантажопідйомність крана</u>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	
2) <u>Продуктивність крана в рік</u>	<b>T</b>	<b>35916</b>	<b>51559</b>	<b>-15643</b>
3) <u>Швидкість підйому вантажу</u>	<b>М / хв</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>-6</b>
4) <u>Швидкість пересування</u>	<b>М / хв</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>-10</b>
5) <u>Сумарна встановлена потужність</u>	<b>кВт</b>	<b>28</b>	<b>23,6</b>	<b>-4,4</b>
6) <u>Категорія ремонтної складності</u>	<b>-</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>-</b>
7) <u>Міжремонтний період</u>	<b>година</b>	<b>172</b>	<b>176</b>	<b>-4</b>
8) <u>Трудомісткість ремонтних робіт</u>	<b>година</b>	<b>840</b>	<b>757</b>	<b>-83</b>
9) <u>Чисельність робітників</u>	<b>чол</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
10) <u>Фонд заробітної плати</u>	<b>Грн.</b>	<b>58240</b>	<b>58240</b>	<b>-</b>

НУБІП України

НУБІП України



Н	11) Середньомісячна заробітна плата в місяць	Грн.	1617792	1617792	!
Н	12) Витрати на обслуговування і експлуатацію крана	Грн.	89836	88972	864
Н	13) Витрати з обслуговування крана на 1 тону вантажу	Грн.	2502	1728	-774
Н	14) Економічний ефект	Грн.	39929		
Н	15) Термін окупності капітальних додаткових вкладень	місяці	1,9		

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВОКИ

У проведеній магістерській роботі було зроблено аналіз конструкцій, аналіз досліджень механізмів підйому, а також і розрахунки механізму підйому. Ми через розрахунки вибирали деталі для механізму підйому (поліспасти, канат, барабан, редуктор і т.д...).

Детально дослідили та ознайомились із принципами роботи та будовою козлового крана. Провели велику ознайомчу роботу. Насамперед ознайомча робота полягала у тому, щоб ознайомити із розрахунками козлового крана та його окремими механізмами. Дивлячись із наших розрахунків можна дізнатися межі роботи крана при перенавантаженні. Після загальних розрахунків козлового крана та його окремих частин основна увага була приділена механізму підйому вантажу. При роботі механізму підйому вантажу в його елементах виникають значні навантаження. Для дослідження

цих навантажень проведений динамічний аналіз механізму підйому. В результаті проведеного аналізу виявлені значні динамічні навантаження та коливання ланок. Був проведений із графіками динамічний аналіз механізму підйому козлового крана, в якому були проведені кінематичні та динамічні розрахунки механізму підйому. Також було виявлено коливання вантажу на підвісі в результаті проведених розрахунків.

Для суттєвого зменшення навантажень та коливань вантажу здійснено оптимізацію режиму пуску механізму підйому вантажу. В результаті проведеної оптимізації значно зменшені навантаження, та усунені коливання в елементах конструкції. Проведена окрема робота із оптимізації механізму підйому.

В процесі розробили конструкцію козлового крана, а також провели розрахунки на його міцність і жорсткість динамічний розрахунок. Вивчили деякі норми правил, стадії та регламентні норми технічного обслуговування по ремонту техніки, які повинні проходити козлові крани. Був зроблений економічний розрахунок у вигляді міні кошторисної документації по

козловому крана. Також у магістерській роботі зазначили про збірку правил з охорони праці, які прописані на різних підприємствах та зонах по технічній безпеці. Які потрібно дотримуватися не дивлячись ні на що. Проведені економічні розрахунки щодо доцільності використання козлового крана для вантажних операцій для сільськогосподарських вантажів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://ukrbukva.net/kursovye-obzornye/>
2. <http://stroy-technics.ru/article/osnovnye-mekhanizmy-koshchlovykh-kranov>
3. <https://ukrbukva.net/39157-Harakteristika-kozlovyh-kranov.html>
4. <https://atlant-kran.ru/article/DU1-obslyuzhivanie-kozlovyh-kranov.html>  
© «Атлант Кран» — производитель грузоподъемного оборудования.
5. <https://stankiexpert.ru/category/spravochnik/gruzopodemnoe-oborudovanie>
6. Курсовое проектирование ГЧМ: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов/ С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С. Кузнецов и др.; Под ред. С.А. Казака. — М.: Высш. шк., 1989. — 319 с.
7. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: Учебное пособие для вузов. — М.: Машиностроение, 1973. — 256 с., ил.
8. Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. Шк., 1983. — 350 с., ил.
9. Юшкин В.В. Основы расчёта объёмного. Минск. «Высшая школа». 1982, 93с.
10. Ишков Г.М. и др. Курсовое проектирование деталей машин 6е издание., переработанное. М., «Машиностроение», 1970
- П.П. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. Иванченко Ф.К. и др. Издательское объединение Вища школа., 1975. — 520 с.

12. Справочник по кранам: в 2т. Т.1/ В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др. Под общей ред. М.М. Гохберга. - М.: Машиностроение, 1988. - 536 с.

13. Справочник по кранам: в 2т. Т.2/ В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.; Под общей ред. М.М. Гохберга. - М.: Машиностроение, 1988. - 560 с.

14. Устюгов И.И.. Детали машин. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: «Высшая школа», 1981.

15. Орлов П.И.. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 2 5-е изд., исправл. - М.

16. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 2. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1992. - 784 с., ил.

17. Курмаз Л.В., Скойбела А.Т. Детали машин. Проектирование. - 2-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2005. - 309 с.: ил.

18. Руденко Н. Ф., Александров М. П., Лысяков А. Г. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. - Москва. - 1963. - 304 с.

19. Добронравов С.С., Дронов В.Г. «Строительные машины и основы автоматизации» Учебник для строительных вузов. М.: Высш. шк., 2001г. - 575с.

20. Братусь Н. Г., Каскевич В. А., Титаренко Л. В. «Краны с трубчато - балочными пролётными строениями». Москва: Машиностроение. 1989. - 184 с.

21. Александров М. П., Гохберг М. М., Ковин А. А. и др. «Справочник по кранам», в 2-х томах. Москва. Машиностроение, 1988.

22. <https://budtehnika.pp.ua/6952-osnovn-mejarzmi-kozlovih-kranv.html>

23. <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/ptm/2020/MB%20СПТМ%20практ%20авт%20башт%20сам%20крани%202019.pdf>

24. [http://www.lnau.edu.ua/lnau/attachments/052\\_Лабораторний%20практикум%203%20СПТМ.pdf](http://www.lnau.edu.ua/lnau/attachments/052_Лабораторний%20практикум%203%20СПТМ.pdf)

25. [https://dnaop.com/html/52616/doc-Приказ\\_143](https://dnaop.com/html/52616/doc-Приказ_143)

26. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15#Text>

27. Monografija Lovejkin Romasevich\_Serdjuchenko\_Limar.pdf

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

29. Ловеikin В.С. Оптимізація режиму підйому вантажу з транспортного вассоу / В.С. Ловеikin, 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.

30. 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. – 319 с.

31. 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.

32. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Шумілов І.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.

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

34. 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.

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток  
Програма в якій виконувались деякі операції- Wolfram Alpha Notebook Edition

НУБІП України