НУБіП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет(ННІ) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

УДК 631.173.4:62-237

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету (Директор ННІ)
конструювання та дизайну
(назва факультету (ННІ))
Зіновій РУЖИЛО
(підпис) (ПІБ)
“___” _____ 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
конструювання машин і обладнання
(назва кафедри)
Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(підпис) (ПІБ)
“___” _____2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПІДЙОМНИКА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В РЕМОНТНИХМАЙСТЕРНЯХ

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Освітня програма Технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарських виробництв
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
к.т.н, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)
(підпис)
Андрій НОВИЦЬКИЙ
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
д.т.н, професор
(науковий ступінь та вчене звання)
(підпис)
Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(ПІБ)

к.т.н
(науковий ступінь та вчене звання)
(підпис)
Анастасія ЛЯШКО
(ПІБ)

Виконав
(підпис)
Дмитро БОНДАР
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет(ННІ) _____ **КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
конструювання машин і обладнання
д.т.н., професор _____ Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
"29" березня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇКВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Бондаря Дмитра Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____133 – Галузеве машинобудування _____
(код і назва)

Освітня програма _____ Технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарських виробництв _____
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПІДЙОМНИКА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В РЕМОНТНИХМАЙСТЕРНЯХ
затверджена наказом ректора НУБіП України від "28" березня 2023 р. № 464 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____2023.11.01
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи *Технологічна схема застосування підйомника, вантажопідйомність, висота підйому*
Перелікпитань, якінотрібнорозробити:
Перелік питань, що підлягають дослідженню:
1.Проаналізувати існуючі конструкції підйомників.
2.Розробити і розрахувати коннструкцію підйомника згідно вихідних даних.
3.Провести динамічний аналіз руху підйомника.
4.Оптимізувати режим пуску підйомника.
5.Розробити заходи з охорони праці.
6.Провести економічні розрахунки
Дата видачі завдання"29 березня 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Анастасія ЛЯШКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Дмитро БОНДАР
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ЗМІСТ 3

РЕФЕРАТ 5

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПІДЙОМНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ 9

1.1. Типи підйомників 9

1.2. Автомобільні підйомники 16

1.3. Обґрунтування вибору конструкції підйомника 28

1.4. Патентний пошук 30

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ КОНСТРУКЦІЇ 32

2.1. Проектні розрахунки 32

2.1.1. Побудова силової схеми 32

2.1.2. Вибір перерізів балок платформи 35

2.1.3. Розрахунок перетину осі гойдання 37

2.1.4. Розрахунок перерізу осі коліс візка 40

2.2. Перевірочні розрахунки 41

2.2.1. Розрахунок підшипників ковзання 41

РОЗДІЛ 3. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПІДЙОМНИКА 44

3.1. Основні положення моделювання динаміки підйомників 44

3.2. Побудова динамічної моделі підйомника 46

3.3. Побудова математичної моделі динаміки руху підйомника 50

3.4. Результати динамічного аналізу 53

НУБіП України

РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПІДЙОМНИКА 62
4.1. Вибір критерію оптимізації режиму руху 62
4.2. Оптимізація режиму руху підйомника 63
4.3. Результати оптимізації режиму пуску автомобільного підйомника 67
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ 70
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ 76
ВИСНОВКИ 81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 83
ДОДАТКИ 85

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, що містить вступ, сім розділів, висновки, список використаних джерел та додатків. Дана робота представлена на аркушах друкованого тексту.

В першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуто існуючі конструкції автомобільних підйомників, проведено патентний пошук та обґрунтовано вибір розробленої конструкції.

В другому розділі роботи проведено проектні розрахунки, побудовано силові та перевірочні розрахунки. Всі розрахунки підтвердили правильність обраної конструкції.

В третьому розділі проведено технічний опис балансирного підйомника і умови його використання.

В четвертому розділі проведено динамічний аналіз руху підйомника, який дозволив проаналізувати кінематичні, динамічні та енергетичні характеристики.

В п’ятому розділі здійснено оптимізацію режиму пуску підйомника, яка дозволила підвищити плавність руху та зменшити дію динамічних навантажень.

В розділі охорона праці розглянуто умови експлуатації агрегатів, що працюють за технологією VerticalTiIlage. Вказано всі запобіжні заходи до початку, під час та після роботи, а також порядок дій при настанні аварійних ситуацій.

Також в бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано розрахунок економічної ефективності розробленої конструкції.

Ключові слова: підйомник, колеса, вантажний автомобіль, балка, підшипник, динаміка, оптимізація.

НУБіП України

ВСТУП

Працездатність вантажних транспортних засобів оцінюється сукупністю експлуатаційно-технічних якостей - динамічністю, стійкістю руху, економічністю, надійністю роботи, довговічністю, керованістю тощо. - які для кожного виду транспортних засобів виражаються конкретними показниками. Щоб працездатність вантажних транспортних засобів в процесі експлуатації перебувала на необхідному рівні, значення цих показників тривалий час повинні мало змінитися в порівнянні з їх початковими значеннями.

Проте технічний стан вантажних транспортних засобів, як і будь-якої іншої машини, у процесі тривалої експлуатації не залишається незмінним. Він змінюється і, як правило, погіршується внаслідок зношування деталей і механізмів, поломок та інших несправностей, що призводить до погіршення експлуатаційно-технічних якостей вантажних транспортних засобів.

Зміна зазначених якостей вантажних транспортних засобів у міру збільшення пробігу може відбуватися також унаслідок недотримання правил технічної експлуатації чи технічного обслуговування транспортних засобів.

Основним засобом зменшення інтенсивності зношування деталей і механізмів і запобігання несправностям транспортних засобів, тобто підтримування їх в належному технічному стані, є своєчасне і високоякісне виконання технічного обслуговування та ремонту.

Періоди між черговими видами технічного обслуговування транспортних засобів і обсяги виконуваних робіт встановлюються планово - попереджувальною системою технічного обслуговування. Однак спостереження показують, що технічний стан транспортних засобів навіть при роботі їх в однакових умовах коливається в широких межах. Це пояснюється індивідуальними якостями окремих транспортних засобів, що залежать від неоднорідності виробництва, і різним впливом на них експлуатаційних факторів, якості керування, технічного обслуговування, терміну служби тощо.

НУБіП України

Реалізація резервів підвищення ефективності ремонту та технічного обслуговуваннятранспортних засобів забезпечить подальше вдосконалення технології та організації ремонтного виробництва, посилить вплив автомобільної промисловості у формуванні технічного рівня ремонтних підприємств, у розробці технології відновлення типових деталей та рівня автоматизації процесів. Успіх вирішення цих завдань багато в чому визначатиметься методологічним забезпеченням і підготовленістю до цієї діяльності працівників ремонтного виробництва та насамперед його інженерного складу.Тому основне завдання навчальних дисциплін кафедри «Надійності техніки» полягає в тому, щоб сформувати інженерні знання, достатні для проектування сучасних технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту, вести необхідні технологічні дослідження для досягнення максимальної продуктивності праці, організувати контроль процесів ремонту та керувати якістю технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів. Технологія ремонту транспортних засобів є синтезуючою науковою дисципліною, що використовує основні положення технології машинобудування, технології металів, металознавства та термічної обробки, квалiметрії, економіки та організації виробництва автоматизації виробничих та допоміжних процесів, теорії надійності та старіння машин, теорії транспортних засобів та їх експлуатаційних властивостей, системотехніки та кібернетики, теорії контролю та управління. Крім того, особливості ремонтного виробництва в порівнянні з автомобілебудуванням вимагають розробки власних методичних рекомендацій для вивчення закономірностей явищ і процесів, сукупність яких і становить основу теорії ремонту та обслуговування транспортних засобів.

Для підвищення продуктивності праці ремонтно-обслуговуючого персоналу автотранспортних підприємств і підприємств автосервісу необхідно механізувати та автоматизувати роботи, що виконуються при технічному обслуговуванні та ремонті транспортних засобів. На автотранспортних підприємствах і станціях технічного обслуговування транспортних засобів впроваджуються прогресивні технологічні процеси, що знижують

НУБіП України

трудомісткість і підвищують якість технічного обслуговування та ремонту; вони оснащуються також більш досконалим гаражним та ремонтним обладнанням.

В цій магістерській роботі як приклад розроблено пристрій, яким може бути оснащене будь-яке автотранспортне підприємство, що спеціалізується на ремонті та обслуговуванні вузлів і агрегатів шасі вантажних транспортних засобів. Таким пристроєм є автомобільний підйомник, який дозволяє підвищити продуктивність та якість виконання технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Відповідно до завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, необхідно розробити та проаналізувати та оптимізувати роботу підйомника для проведення ремонтних робіт на вантажних транспортних засобах, пов'язаних з монтажем-демонтажем вузлів ходової частини, підвіски та трансмісії транспортних засобів.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПІДЙОМНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1. Типи підйомників

До 1980-х років більшість транспортних підйомників були наземного типу. На сьогоднішній день найпоширенішими є навісні підйомники. Підйомники, що монтуються на поверхні, зазвичай прикручуються болтами до підлоги гаража та приводяться в дію від електродвигуна, який приводить в дію або гідравлічний насос, або гвинтовий привод.

Типи підйомників

Двостійкові (рис. 1.1).

Підйомники з 2 опорами є найпопулярнішим типом підйомників, які купуються сьогодні. Ці підйомники зазвичай з'єднуються з рамою та мають поворотні важелі, які рухаються вгору по двох колонах. 2 стійки підйомника синхронізуються механічно, гідравлічно або електронно. Підйомники з 2 стійками видають звук клацання під час підйому… це пристрій для утримання вантажу. Щоб забезпечити підтримку, завжди опускайте підйомник на пристрої для утримання вантажу. Деякі 2-стійкові підйомники обладнані верхньою запірною планкою.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

Рис.1.1. Двостійковий підйомник

- Багатостійковий (рис. 1.2).

Найчастіше конфігуровані як чотирьохстійковий наземний підйомник багатостійкові підйомники дозволяють транспортному засобу виїхати на дві платформи та підняти його за шини, забезпечуючи повний доступ до днища автомобіля. Чотирьохстійкові підйомники також можна налаштувати для виконання послуг без коліс.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

Рис. 1.2. Багатстійковий підйомник

Паралелограм-підйомник (рис.1.3).

Більшість паралелограмних підйомників є приводними підйомниками з двома площами пійдому. Традиційні паралелограмні підйомні механізми переміщують автомобіль на невелику відстань вперед або назад під час підйому або опускання. Існують гібридні версії цього типу підйомника, які рухаються прямо вгору та вниз. Цей тип підйомника працює від електрогідравлічної силової установки. Синхронізація двох паралельних злітно-посадкових смуг зазвичай

НУБіП України

здійснюється за допомогою гідравлічних або електронних засобів. Іноді для синхронізації використовується торсіон, з'єднаний з протилежними ніжками паралелограма. Деякі паралелограмні підйомники з приводом можуть бути налаштовані для виконання послуг без коліс.

Рис. 1.3. Паралелограмний підйомник

- Ножичний підйомник (рис.1.4).

Ножичний підйомник може бути обладнаний як підйомник із підйомною платформою, або як підйомник із рамою чи корпусом. Доступні версії для поверхневого та наземного монтажу. Ножичний підйомник має підйомний механізм, подібний до традиційного паралелограмного підйомника, однак він піднімає та опускає транспортний засіб по прямій вертикальній траєкторії, а не вперед або назад від його початкового положення.

Деякі підйомники-ножиці з приводом можуть бути налаштовані для виконання послуг без коліс.

Рис. 1.4. Ножичний підйомник

- Підземний (рис. 1.5).

Підйомники з підйомними вузлами, встановленими нижче підлоги гаража, відомі як підземні підйомники. Більшість сучасних виробників підземних підйомників розробили системи, які містять усі гідравлічні компоненти всередині корпусу. Це зменшує ризик забруднення грунту через гідравлічні витоки.

Ці підйомники використовують один або кілька гідравлічних поршнів або механізмів ножиць залежно від типу транспортного засобу та ваги, яку потрібно підняти. У легких підйомниках використовується один або два поршні. Надпотужні підйомники мають два-три поршневі або ножичні м еханізми.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

Різні наземні підйомники виробляються для практично будь-якого типу ремонту чи технічного обслуговування практично будь-якого автомобіля.

НУБіП України

Рис. 1.5. Підземний підйомник

НУБіП України

- Мобільна колона (рис.1.6).

Рухомий підйомник із зачепленням коліс широко відомий як мобільний колонний підйомник. Він складається з окремих підйомних колон, які використовуються в комплектах з двох, чотирьох, шести або більше одиниць. Кожна з окремих колон мобільна, містить електричний силовий агрегат і приводиться в дію гідроциліндром або гвинтовим приводом. Стовпи спілкуються через кабелі або бездротовим способом, щоб забезпечити синхронне підйом і опускання.

НУБіП України

Для цього популярного типу підйомника потрібна тверда рівна поверхня, і його можна переміщати за потреби, щоб підняти автомобіль.

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

Рис.1.6. Підйомник з мобільною колоною

1.2. Автомобільні підйомники

Рисунок 1.1 – Двостійковий електромеханічний підйомник П180Е-27

Технічна характеристика:

Тип стаціонарний, електромеханічний, симетричний, двостійковий, гвинтовий;

Вантажопідйомність 2,7 т;

Висота підйому не менше 1900 мм;

Потужність приводу 2,2 кВт;

Відстань між стійками 2500 мм.

Двостійкові електрогідравлічні підйомники (рис. 1.2) мають незаперечні переваги перед електромеханічними. Вони не мають навантажених поверхонь, що труться, а отже, довговічніші; швидкість їх підйому більша; вони тихохідні. Електричний насос приводить в дію гідроцилиндри, яких може бути два або один. Вартість гідравлічного підйомника на 15 - 20% вища за вартість механічного через наявність прецизійних деталей.

Каретки двостійкових підйомників забезпечені телескопічними несучими консолями зі змінною довжиною і переміщуються в горизонтальній площині.

Перевага двостійкових підйомників у тому, що вони дозволяють вивішувати колеса автомобіля для роботи з підвіскою та гальмівними механізмами. При цьому вони не придатні для встановлення кутів сходження-розвалу коліс.

Рисунок 1.2 – Двостійковий електрогідравлічний підйомник П191

Технічна характеристика:

Тип витягу стаціонарний, двостійковий, асиметричний;

Вантажопідйомність 3000 кг;

Висота підйому не менше 1820 мм;

Потужність приводу 2,2 кВт.

Чотиристійкові підйомники (рис. 1.3) мають більшу, ніж двостійкові, вантажопідйомність. Опорною поверхнею для машин служать дві паралельні платформи довжиною від 4 м. Практично всі пристрої мають електрогідравлічну схему. Електромеханічні конструкції теж зустрічаються, але досить не часто, через те, що у них невиправдано складна система синхронізації.

Установка чотиристійкових підйомників не пов'язана з псуванням покриття підлоги. Однак спектр робіт, що виконуються з їхньою допомогою, найчастіше обмежується виконанням технічного обслуговування та інших робіт, не пов'язаних з вивішуванням коліс. Вартість чотиристійкових підйомників приблизно на третину вища, ніж вартість аналогічних по вантажопідйомності двостійкових.

Рисунок 1.3 – Чотиристійковий підйомник П181.01

Технічна характеристика:

Тип платформний електрогідравлічний;

Вантажопідйомність 3500 кг;

Висота підйому максимальна 1650 мм;

Потужність приводу 2,2 кВт.

Ножичні підйомники (рис.1.4) можуть монтуватися як на поверхні підлоги, так і нарівні з нею. Найцікавіші останні – у неробочому стані вони не займають місця, бо вся їхня механіка схована під землею. Ножичні підйомники бувають

тільки електрогідравлічними і керуються з розташованого окремо пульта. Вони мають короткі чи довгі платформи. Останні можна оснастити поворотними колами, ковзними платформами, траверсами та додатковими підйомниками ножицями. Знизу, в опорних рамах є пневматично керована гребінчаста система страховки. Розрізняються підйомники-ножиці довжиною платформ, що дозволяють встановлювати на них машини колесами або піднімати їх за днище; а також числом Х-подібних секцій (одна чи дві).

Всім добрі підйомники-ножиці, крім високої ціни. Через складність виготовлення вона вдвічі вища, ніж у чотиристійкових.

Рисунок 1.4 –Підйомник ножичний SF6402L

Технічна характеристика:

Вантажопідйомність 4000 кг;

Висота підйому 1880 мм;

Довжина витягу з трапами 4600 мм;

Потужність приводу 26 кВт.

Також існує подвійний ножичний підйомник який підходить для транспортних засобів від невеликих автомобілів до фургонів, а завдяки своїй компактній конструкції особливо добре підходить для роботи в обмеженому просторі.

Він міцний, а висота підйому для легкого доступу до платформи становить лише 115 міліметрів. Платформа не потребує додаткового підключення стисненого повітря. За словами постачальника, подвійна гідравлічна система "ведучий-ведений" забезпечує максимальну безпеку під час підйому, навіть без засувок.

Двигун потужністю 3 кВт піднімає і опускає платформу за 40 секунд, а установка може бути наземною або підземною. З вантажопідйомністю 3,6 тонни і шириною платформи 630 мм платформа може використовуватися універсально, тобто також для шиномонтажу. За допомогою відповідних гумових адаптерів за допомогою подвійного ножичного підйомника можна також піднімати електромобілі.

Рисунок 1.5 - Подвійний ножичний підйомник **ATHFrameLift 30FZ**

На сьогоднішній день найзручнішими вважаються плунжерні підйомники (рис.1.6). Вся нехитра механіка знаходиться в коробчастій касеті і складається з електричного гідронасоса та пари плунжерних стояків. Плунжери комплектуються знімними телескопічними консолями (як у двостійкових підйомників) або платформами, що вважається їхньою універсальністю. Набори

опцій в обох випадках такі ж, як і в раніше описаних виробах. У неробочому положенні ці конструкції не займають багато місця.

Витончений зовнішній вигляд і надійність плунжерних підйомників - поза конкуренцією, щоправда, за все це доводиться розплачуватися складністю установки (заглиблення вниз до 3 м), необхідністю створення дренажної системи (ґрунтові води, експлуатаційні рідини) і в буквальному сенсі грошима, яких потрібно набагато більше, ніж у попередніх випадках.

Деякі види плунжерних підйомників мають герметичне виконання, що дозволяє використовувати їх на автомийках.

Рисунок 1.6 – Плунжерний підйомник ZS Mator

Технічна характеристика:

Висота підйому – 1860 мм;

Вантажопідйомність 4000 кг;

Тиск гідросистеми 190/170 бар;

Потужність приводу 2,1 кВт.

Отже, розглянули основні види стаціонарних підйомників, але існують також і мобільні системи.

Всі вантажні автомобілі та автобуси досить відрізняються не довжиною колії, базі, масі та кількості мостів. Встановити на звичайний чотиристійковий

НУБіП України

підйомник довгомірний тягач з трейлером або зчленований «Ікарус» не представляється можливим. Для подібних випадків існують мобільні електромеханічні та електрогідравлічні колони (рис. 1.7), вантажопідйомністю від 5 до 10 т кожна. Потрібна кількість цих агрегатів підкочується до вантажівки збоку, під покришку кожного колеса підводиться вільний захоплювач.Набір колон синхронізується електричними кабелями і після цього проводиться підйом. Від навантаження пружні опорні переміщуються всередину, а колона опускається п'ятою на підлогу. Ці вироби зручні тим, що «витягуються з комори» тільки у разі потреби, тобто не стоять стовпом де не треба, а ще тим, що для їхньої роботи потрібне лише підведення електрики.

Рисунок 1.7 – Колони підкатні гідравлічні FRG 7500

НУБіП України

Технічна характеристика:

Висота підйому 1700 мм;

Вантажопідйомність однієї колони 7500 кг;

Час підйому 90 с;

Потужність приводу 15 кВт;

Маса 450 кг.

Більш серйозні вироби вантажопідйомністю до 15 т на стійку мають назву канавних підйомників (рис. 1.8). Як правило, їх буває два або три, при цьому один з них нерухомий. Ці підйомники здатні підняти автомобіль за мости.

Рисунок 1.8 – Канавний підйомник ПНК-10

Технічна характеристика:

Тип гідравлічний з ножним приводом;

Вантажопідйомність 10 000 кг;

Висота підйому 500 мм;

Габаритні розміри 540х1190х1180;

Маса 226 кг.

У світі існує чимало виробників підйомників, у виробничій гамі кожного з них безліч моделей різних типів. Кожна модель може мати великий вибір різних конфігурацій.

У наведеному огляді представлені тільки механізовані підйомні пристрої з електроприводом та гідроприводом, які випускаються спеціалізованими промисловими фірмами та підприємствами. У той же час гаражні умільці та винахідники створюють досить прості пристосування, які здатні підняти автомобіль без зайвих матеріальних та енергетичних витрат і фізичних зусиль. Такі зразки поодинокі і не отримали широкого поширення. Однак, у деяких випадках вони можуть бути дуже корисними там, де недоцільно мати дороге обладнання, коли число ремонтів автомобіля дуже незначне (наприклад, мале підприємство з одним або двома вантажними автомобілями).

У журналі «АБС Автомобіль та сервіс» № 3, 2003 р. Наведено схему підйомника для легкового автомобіля, що працює за принципом гойдалки і яка може бути виготовлена навіть в індивідуальному гаражі.

Пристрій невеликого витягу в гаражі може замінити естакаду або оглядову яму (рис. 1.8). Його виготовлення з обрізків швелера не становить великої складності. Тут використано принцип гойдалок, на яких автомобіль підніматиме себе сам.

Підйомник складається з стійки-основи, хитного швелера.

НУБіП України

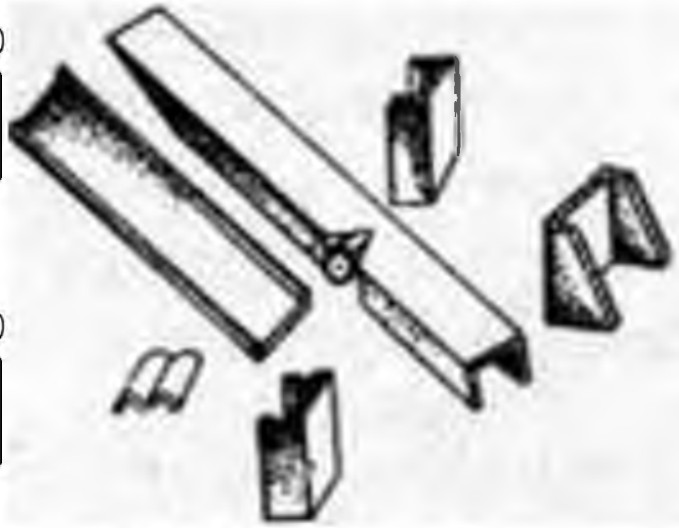


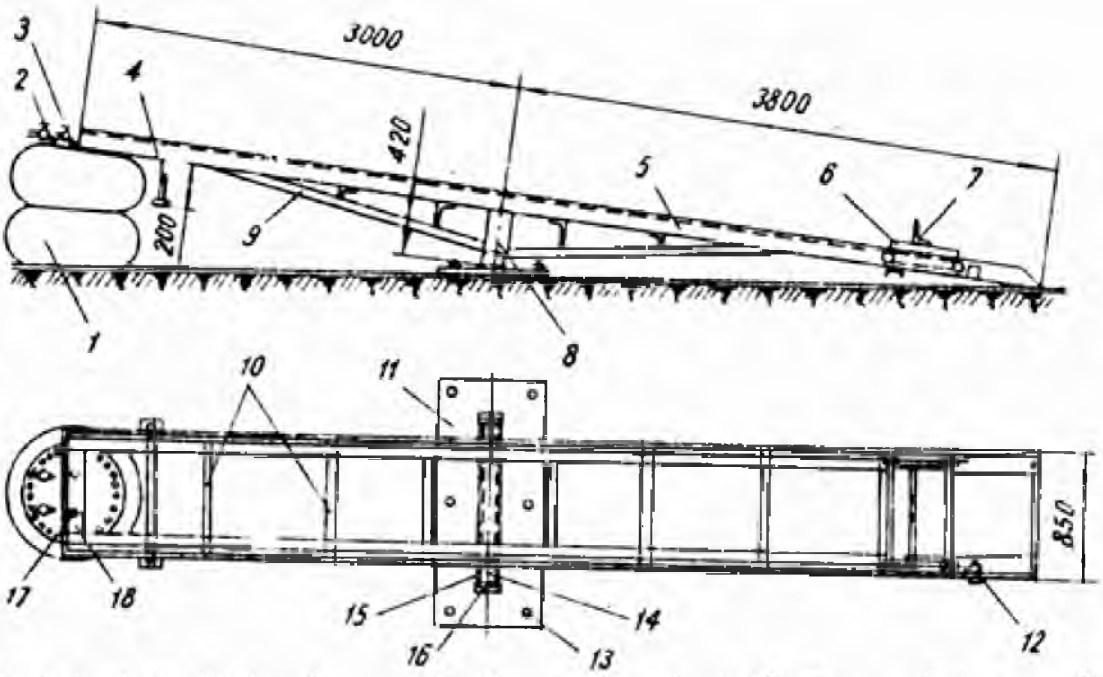
Рисунок 1.8 – Саморобний підйомник-гойдалка

Швелер з віссю гойдання встановлюється у пази вежі. Автомобіль переднім колесом однієї сторони заїжджає на швелер доти, доки центр тяжіння автомобіля не співпаде з віссю хитання. При цьому другий кінець швелера опуститься на підставлений знизу упор. Під другий кінець швелера підставляється для страховки другий упор і можна виконувати ремонтні роботи під автомобілем.

Для забезпечення безпеки необхідно передбачити на стороні, що опускається, естакади замикаючий пристрій у вигляді запірного штиря.

Раціоналізатори запропонували виготовити балансирний підйомник для вивішування автомобілів ГАЗ-51, ГАЗ-53 та ЗІЛ-164.

Балансирний витяг (рис. 1.9) розрахований на вантажопідйомність до 7 т.



1 – пневматичний підйомник; 2, 3 – крани для впуску та випуску повітря; 4 – опора; 5 – лонжерон; 6 – візок; 7 – упор; 8 – опорна стійка; 9 – розкіс; 10 – траверси; 11 – опорна плита; 12 – обмежувач; 13 – анкерний болт; 14 – вісь; 15 – шарнірна п'ята; 16 - заглушка; 17 – болт; 18 – кінцева траверса

Ферма підйомника є звареною конструкцією. Вісь 14, яка виготовлена з труби, приварена до плити 11, прикріпленої до підлоги анкерними болтами, вільно хитається навколо шарнірної п'яти ферми. До торців осі приварені заглушки обмеження поперечного ходу. Частка внутрішніх частин лонжеронів 5 по напрямних швелерах вільно пересувається візок 6. До верхньої частини візка приварений упор 7.

Хід візка регулюється з одного боку обмежувачем 12, а з іншою кінцевою траверсою 18. До цієї траверси кріпиться пневматичний підйомник 1 з автопокришок з камерами. На верхній кришці пневматичного підйомника встановлено два крани 2, 3 для впуску і випуску повітря.

Нормальне положення підйомника відповідає показаному на рис. 1.9.

При в'їзді автомобіля на підйомник передній міст, стикаючись з упором візка, захоплює його за собою і поступово вивищується. При подальшому русі

автомобіль своїм центром тяжіння перетне вісь гойдання ферми. Остання, у свою чергу, опорами буде мати підлогу, і станеться вивішування всього автомобіля.

Після виконання робіт з демонтажу та монтажу до пневматичного підйомника по шлангу подають повітря. Передня частина ферми піднімається, задня опускаються, поки задні колеса автомобіля не торкнуться підлоги. Далі автомобіль заднім ходом з'їжджає з підйомника.

Використання цього підйомника на шино-монтажній ділянці автоколони цілком виправдовує себе, так як скорочується час на підйому та опускання автомобіля, на зняття та встановлення коліс, покращуються умови праці.

1.3. Обґрунтування вибору конструкції підйомника

Згідно завданням на магістерську роботу необхідно розробити підйомник для вивішування коліс вантажного автомобіля. Тому для вибору та аналізу зведемо в одну таблицю технічні характеристики розглянутих вище підйомників, які за своїм устроєм найбільше підходять для виконання поставленого завдання. Наведемо також переваги та недоліки кожної моделі.

Таблиця 1.1 - Аналіз існуючих конструкцій підйомників для вантажних автомобілів.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

Модель та рисунок	Тип підйомника	Технічні характеристики			Переваги	Недоліки
		Вантажопідйомність, кг	Висота підйому, мм	Потужність приводу, кВт		
1	2	3	4	5	6	7
ZS Mator	Плунжерний електрогідравлічний	4000	1860	2,1	Не займає місце в цеху, зручний у роботі, велика висота підйому	Складний механізм високої точності виготовлення, висока ціна, потрібне джерело електроенергії
ПНК-10	Канавний гідравлічний із ножним приводом.	10000	500	-	Велика вантажопідйомність	Підйом тільки одного мосту, великий час підйому ножним насосом
SF6402L	Ножичний електрогідравлічний	4000	1880	2,6	Велика висота підйому	Висока ціна, потрібне джерело електроенергії
	Балансирний, підйом за рахунок ваги автомобіля	7000	420	-	Пересувний, висока вантажопідйомність, не потрібне джерело енергії, швидке піднесення автомобіля	Невелика висота вивішування, нестійкість балансиру у вивішеному стані

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

За співвідношенням ціна-продуктивність найбільш оптимальною є конструкція балансирного підйомника. Крім того, його вантажопідйомність залежить тільки від перерізів балок балансиру, підведення енергії будь-якого виду відсутня. Підйомники з механізованим приводом ефективні на підприємствах, які спеціалізуються на ремонті та обслуговуванні автомобілів з великою виробничою програмою, коли потрібна більш висока універсальність їх застосування. На невеликих же підприємствах, які все більшою мірою утворюються в сучасній економіці, перевага надається відносно недорогим і ефективним видам обладнання. Мобільність підйомника, тобто можливість встановити його в будь-якому місці цеху, роблять його привабливим для підприємств з невеликими виробничими площами.

Недолік балансирного підйомника, пов'язаний з невеликою висотою вивішування дозволяє використовувати його при шино-монтажних операціях, причому одночасно можуть вивішуватися всі колеса автомобіля.

Вибираємо для проектування як прототип балансирний підйомник. У процесі роботи необхідно покращити існуючу конструкцію, усунувши до мінімуму її недоліки.

1.4. Патентний пошук

Для забезпечення високого технічного рівня проектованого підйомника проведемо по патентній документації пошук нових технічних рішень, які могли б бути використані при проектуванні. Пошук ведемо за індексами класифікації, що відповідають вантажопідйомному та транспортному обладнанню.

Звіт про патентний пошук наведено у таблиці 1.2. Патентна документація наведена в додатку Б.

НУБіП України

Таблиця 1.2 – Переглянута патентна документація

Країни по яким проведений пошук	Індекс МКІ	Найменування джерела	Виявлений прототип	Відібрана ідея, технічне рішення
Україна	B60S9/02	Опис винаходу до а.с. 558852	Підйомник для автомобіля	Механізм повернення підйомника
Україна	B60S9/02	Опис винаходу до а.с. 652104	Підйомник для автомобіля	Регулювання висоти качання платформи
України	B60S9/02	Опис винаходу до а.с. 709430	Пристрій для підйому причіпного транспортного засобу	Немає

З переглянутих патентів інтерес становлять три. У конструкції підйомника (а.с. 558852), принципово схожого розглянутому вище балансовому підйомнику, застосований механізм повернення підйомника у вихідне положення з використанням додаткового вантажу. Використання додаткового пневматичного домкрата в цьому випадку не потрібно.

З конструкції підйомника (а.с.652104) в проектованій конструкції можна застосувати ідею регулювання висоти розташування осі качання платформи в залежності від діаметра коліс автомобіля та його кліренсу. Повністю конструкція такого підйомника може бути використана при потоковому методі ремонту та обслуговування легкових автомобілів, оскільки деталі механізмів підйомника при великому навантаженні можуть вийти з ладу, необхідно посилити конструкцію застосуванням більш складного механізму.

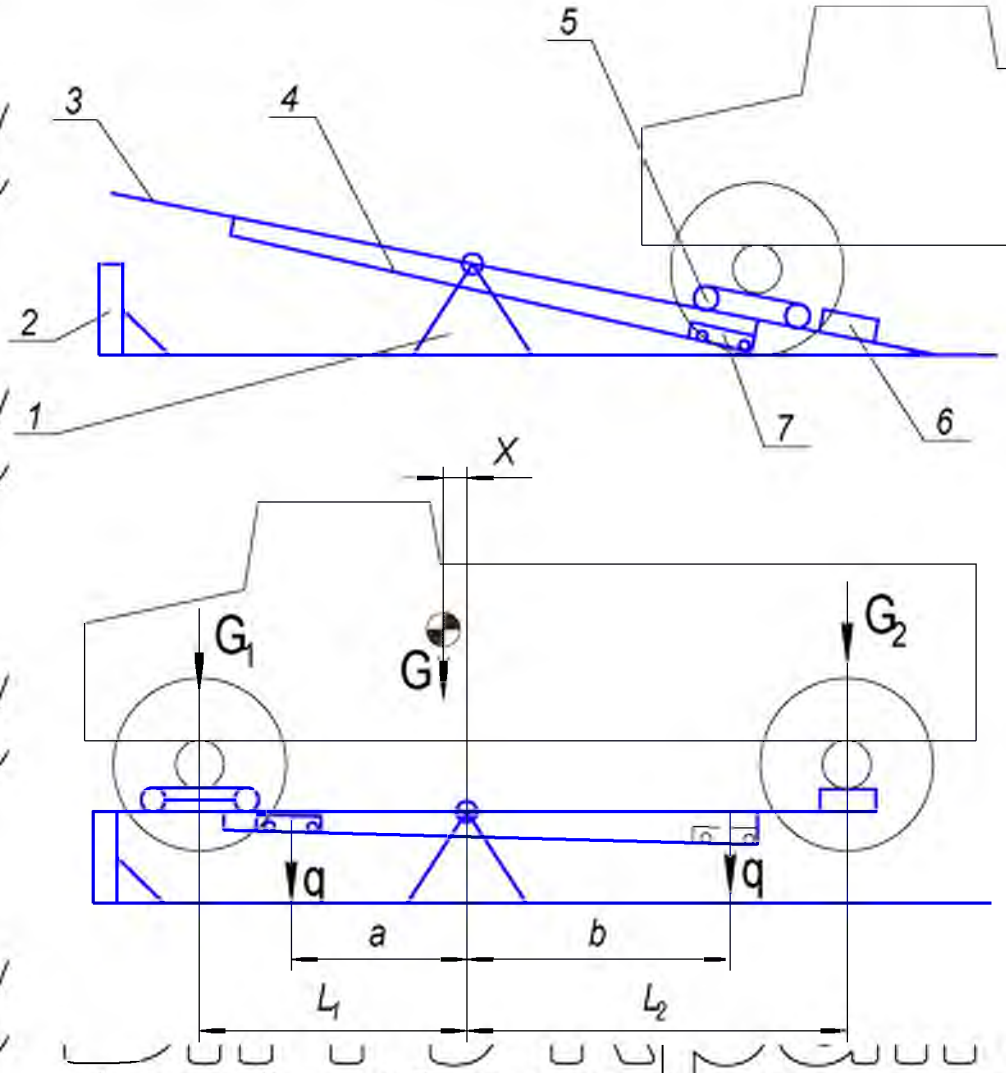
Відібрані під час патентного пошуку технічні ідеї та рішення можуть бути застосовані при детальному проектуванні підйомника.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ КОНСТРУКЦІЇ

2.1. Проектні розрахунки

2.1.1. Побудова силової схеми

За основу для проектування було прийнято схему балансирного підйомника. Для поліпшення його конструкції за підсумками патентного пошуку введемо в конструкцію механізм повернення платформи під дією додаткового рухомого вантажу. На рис. 2.1 наведено кінематичну схему підйомника.



1 – опора; 2 – упор; 3 – платформа; 4 – напрямна додаткового вантажу; 5 – візок; 6 – опора заднього моста; 7 – рухомий вантаж

Рисунок 2.1 – Силова схема підйомника

Принцип дії витягу наступний. При русі автомобіля вперед його передній міст захоплює рухомий візок 5 і штовхає її по напрямних платформи 3. Візок при цьому захоплює за собою рухомий вантаж 7, який переміщається по додатковим напрямним 4. У момент, коли центр ваги автомобіля переміститься за вісь гойдання на опорі 1 , Автомобіль разом з платформою повернеться в горизонтальне положення і його колеса виявляться вивішеними. Для обмеження опускання платформи вперед на підставі витягу встановлено упор 2.

Після виконання ремонтних робіт розмикається зв'язок між візком 5 та рухомим вантажем 7. Останній під дією сили тяжіння по похилим напрямним скочується у вихідну точку. При цьому сумарний центр тяжкості автомобіля, платформи та рухомого вантажу переміститься вправо за вісь гойдання і автомобіль опуститься задніми колесами на підлогу. Далі автомобіль заднім ходом з'їжджає з підйомника.

Для визначення геометричних розмірів підйомника складемо умову рівноваги силової схеми. Розрахунок зробимо за умови підйому автомобіля ГАЗ-53. При підйомі автомобілів інших марок аналогічного класу вантажопідйомності підйомник буде працювати подібним чином, буде відрізнятися величина ходу рухомого візка.

З технічних характеристик автомобіля ЗІЛ-130 виписуємо наступні параметри [2]:

- загальна вага автомобіля G = 43000 Н;
- У тому числі на передню вісь G1 = 21200 Н; на задню вісь G2 = 21800 Н;
- колісна база Б = 3800 мм.

З схеми на малюнку 2.1 за умови розташування центру тяжіння точно над віссю платформи (X=0) знаходимо величини L1 і L2 із системи рівнянь:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{L_2}{L_1}; \qquad (2.1)$$

$$L_1 + L_2 = Б.$$

НУБіП України

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{21800}{21200} = 1{,}028,$$

$$L_1 = 1{,}028 \cdot L_2; \quad (2.2)$$

$$2{,}028 \cdot L_2 = 3800,$$

$$L_2 = \frac{3800}{2{,}028} = 1873 \text{мм},$$

$$L_1 = A - L_2,$$

$$L_1 = 3800 - 1873 = 1927 \text{мм}.$$

При заїзді на платформу автомобіля візок під переднім мостом тягне за собою додатковий вантаж вагою q. Тому фактичний центр тяжіння автомобіля пересунеться вперед на величину X.

Умова вирівнювання платформи у цьому випадку

$$G_1 \cdot L_1 + q \cdot a = G_2 \cdot (A - L_1). \quad (2.3)$$

Звідси фактичне становище центру ваги автомобіля з урахуванням додаткового вантажу становитиме

$$L'_1 = \frac{G_2 \cdot A - q \cdot a}{G_1 + G_2}. \quad (2.4)$$

Якщо поставити вагу додаткового вантажу та йогоположення, то можна знайти фактичне розташування центру тяжіння при заїзді автомобіля, тобто положення вирівнювання платформи

$$L'_1 = \frac{21800 \cdot 3800 - 600 \cdot 1600}{4300} = 1904 \text{мм}$$

Тоді

L'_2=3800-1904=1896 мм.

Отже, при вазі додаткового вантажу q=600 Н центр тяжіння зміщується на величину

$$X=L_1-L'_1=1927-1904=24 \text{ мм.}$$

По інерції автомобіль пересунеться вперед на деяку величину. Приймемо її X = 30 мм. Ця величина може бути штучно обмежена упором рухомого візка на платформі.

Необхідно знайти величину відкату додаткового вантажу вагою q.

$$b \geq \frac{G_1 \cdot (L_1 + X) - G_2 \cdot (L - X)}{q}; \qquad (2.5)$$

$$b \geq \frac{21200 \cdot (1927 + 30) - 21800 \cdot (1873 - 30)}{600} = 2185 мм.$$

Отже, додатковий вантаж повинен відкотитися на величину b>2185 мм, щоб автомобіль з платформою миттєво опустився задніми колесами на підлогу. Для забезпечення компонування платформи ця величина повинна бути не більшою за L2=1873 мм. Тому необхідно збільшити вагу додаткового вантажу. Змінимо вагу до Q = 800 Н і перерахуємо

$$b \geq \frac{1311000}{800} = 1638 мм.$$

Фактичний розмір відкату вантажу визначимо при побудові креслення.

2.1.2. Вибір перерізів балок платформи

Платформу витягу передбачається виконати з двох швелерів, зварювши їх між собою перемичками. Необхідно підібрати необхідний профіль швелера для забезпечення міцності згинання. У перерізах швелера за його довжиною буде діяти згинальний момент, який дорівнює нулю на кінцях і досягає максимуму в точці розташування осі гойдання платформи.

НУБіП України

Побудуємо епюри згинального моменту від ваги встановленого автомобіля. Для розрахунків приймемо вагу автомобіля ЗІЛ-130, за яким розраховувалися геометричні розміри платформи. Положення центру тяжіння приймемо розрахункове.

Максимальний згинальний момент у точці осі хитання

$$M_{\max} = G_1 \cdot L_1 ; \qquad (2.6)$$

$$M_{\max} = 21200 \cdot 1{,}927 = 40852 \text{Нм} .$$

Загалом при перерізах, симетричних нейтральній осі, формула для розрахунку на міцність має вигляд (стор.168, 3):

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x} \le [\sigma_u] , \qquad (2.7)$$

де $[\sigma_и]$=80…100 МПа – допустиме напруження вигину для сталі, Ст3

Wx – момент опору перерізу балки. Оскільки у перерізі платформи передбачається чотири поздовжні балки, то момент опору перерізу розділимо на чотири.

Звідси можна визначити необхідний момент опору балки та підібрати за довідковою літературою номер профілю швелера.

$$W_x = \frac{M}{[\sigma_{\max}]} ; \qquad (2.8)$$

$$W_x = \frac{40852 \cdot 10^3}{4 \cdot 100} = 50260 \text{мм}^3 .$$

По довіднику [4] підбираємо швелер №12 ГОСТ 8240-89, який має момент опору Wx = 56000 мм3.

НУБіП України

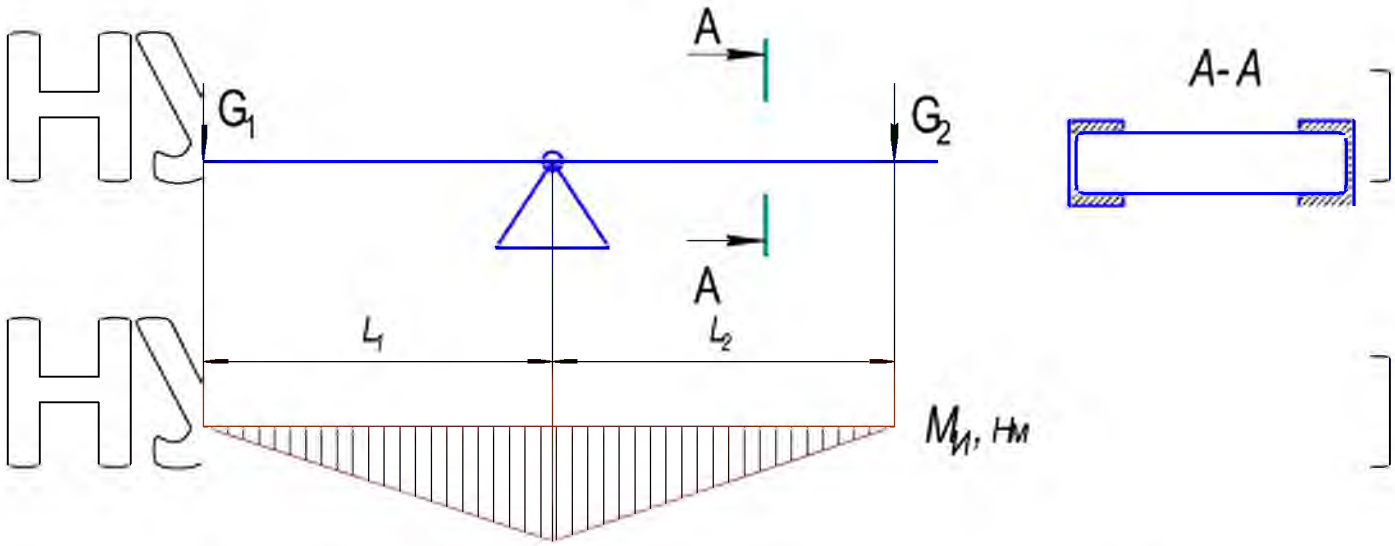


Рисунок 2.2 – Розрахунок перерізів балок платформи

2.1.3. Розрахунок перетину осі гойдання

У цьому розділі визначимо необхідний діаметр осі хитання платформи. Ось розрахуємо на зріз та на вигин. Ескіз розрахункового з'єднання показаний рис. 2.3.

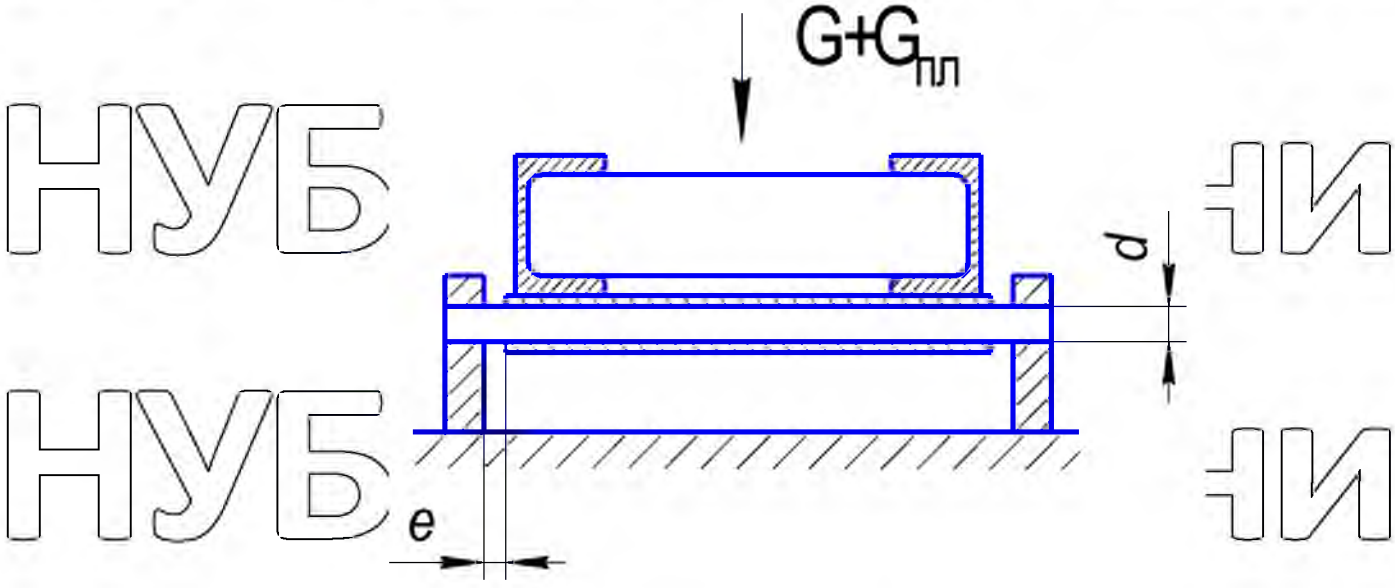


Рисунок 2.3 – Розрахунок осі платформи

При розрахунку на зріз напруження у перерізі розраховується за наступною формулою 4.17 [5]:

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2 \cdot i} \le [\tau], \quad (2.9)$$

де F – сила, що діє на зріз у перерізі осі гойдалки;

і - число стиків;

[τ]- допустиме напруження на зріз, для сталі 45 [τ]=120...140 МПа [4].

Оскільки вісь проходить через дві балки платформи і торцями закінчується в опорі підйомника, тому число стиків приймаємо рівним і = 2.

Сила, що діє на зріз, дорівнює вазі автомобіля і вазі платформи, тобто

$$F = G + G_{ïë}. \quad (2.10)$$

Вагу платформи приймемо орієнтовно за вагою швелера відомої довжини та профілю. Оскільки база автомобіля дорівнює Б=3800 мм, приймемо довжину чотирьох балок платформи l=16 м.

Вага одного погонного метра довжини швелера №12 дорівнює 100 Н/м.п. Вага всіх швелерів становить

$$G_{ПЛ}=16 \cdot 100=1600 \text{ Н};$$

$$F = 43000 + 1600 = 44600 Í.$$

Виведемо з наведеної форми необхідний діаметр осі, який визначається наступною залежністю:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{[\tau] \cdot \pi \cdot i}}; \quad (2.11)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 44600}{120 \cdot 3{,}14 \cdot 2}} = 15{,}4 ìì.$$

При розрахунку на згин напруження згину в перерізі осі гойдалки розраховується за такою формулою:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x} \le [\sigma_u] , \qquad (2.12)$$

де $[\sigma_и]$=240…290 МПа – допустиме напруження вигину для сталі 45.

Згинальний момент у перерізі осі гойдалки можна визначити за такою формулою:

$$M = \frac{F \cdot e}{i}, \qquad (2.13)$$

де е - плече дії згинальної сили, якедорівнює зазору між опорою і балкою платформи, приймемо попередньо величину цього зазору е = 0,01 м.

Тоді отримаємо

$$M = \frac{44600 \cdot 0,01}{2} = 223 Íì .$$

Момент опору перерізу для круглого стрижня визначається за такою формулою:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \qquad (2.14)$$

Звідси можна вивести необхідний діаметр перерізу осі

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M}{[\sigma]_u \cdot \pi}}; \qquad (2.15)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 223 \cdot 10^3}{240 \cdot 3,14}} = 21,1 ìì .$$

Отже, вибираємо з урахуванням запасу міцності діаметр перерізу осі з розрахунку на міцність згину рівною d=25 мм.

2.1.4. Розрахунок перерізу осі коліс візка

Рухомий візок несе на собі вагу автомобіля, що припадає на його передній міст. Візок пересувається на чотирьох колесах. Вісь кожного колеса працює на вигин у перерізі. Ескіз вузла показаний на рис. 2.4.

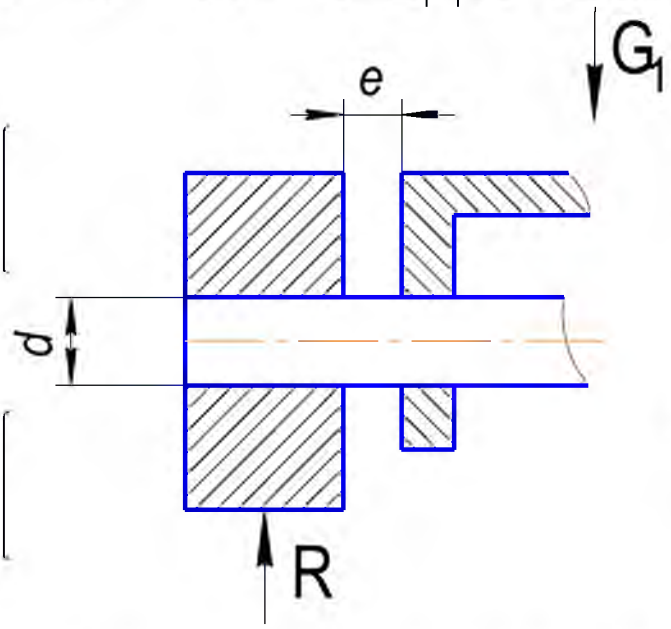


Рисунок 2.4 – Розрахунок осі візка

Розрахунок зробимо за наведеними у попередньому пункті формулами.

Сила, що діє на вісь при згині, дорівнює силі реакції на колесо, що виникає від прикладеної ваги.

$$F = R = \frac{G_1}{4}, \qquad (2.16)$$

$$F = R = \frac{21200}{4} = 5300 \text{ Н}.$$

Згинальний момент в осі на відстані e=0,01 м визначається такою залежністю

$$M = \frac{5300 \cdot 0{,}01}{1} = 53 Нм .$$

Необхідний діаметр осі з умови міцності на вигин

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 53 \cdot 10^3}{240 \cdot 3{,}14}} = 13{,}07 мм .$$

Приймемо діаметр осі з урахуванням запасу міцності рівним d=15 мм.

2.2. Перевірочні розрахунки

2.2.1. Розрахунок підшипників ковзання

Розрахуємо підшипник ковзання втулки ходового колеса візка. Оскільки частота обертання колеса мінімальна, розрахунок ведеться по допустимому тиску на вкладиш.

Середній тиск між цапфою та вкладишем визначається наступною залежністю:

$$P = \frac{R}{d \cdot l} \le [P] \qquad (2.17)$$

де: R - Радіальне навантаження на підшипник;

d, l – діаметр та довжина вкладиша, мм;

[P]=20 МПа – допустимий тиск у підшипнику, для матеріалу вкладиша з бабіту Б83 (табл.9.2.5).

Радіальне навантаження на колеса візка розподіляється залежно від положення балки переднього моста на опорі візка. Конструкція візка виконана таким чином, що вектор сили тяжіння розташовується приблизно на одній відстані від обох візків. Тоді на колеса візка діє однакова сила, яка дорівнює $Q_T=R=G1/4$;

R=21200/4=5300 Н.

Розміри вкладиша підшипника приймаємо такими: d = 15 мм; l = 25 мм.

$$P = \frac{5300}{15 \cdot 25} = 14 МПа \quad < [P] = 20 МПа \quad .$$

Вкладиші підшипників візка мають достатній запас міцності.

2.2.2 Перевірочний розрахунок рами візка

Рама візка виготовлена з двох поздовжніх балок-швелерів, з'єднаних між собою у поперечному напрямку двома кутниками. Розрахуємо міцність поздовжньої балки при навантаженні поперечною силою від ваги автомобіля.

На візок діє вага автомобіля, що припадає на передню вісь G1=21200 Н.

Найбільший згинальний момент виникає в середній частині балки на рівній відстані від осей візка. Визначимо значення згинального моменту в одній балці за такою формулою

$$М_{зг} = \frac{G_1 \cdot a}{2 \cdot 2} \qquad (2.18)$$

де а – відстань між осями (опорами балки), мм.

$$М_{зг} = \frac{21200 \cdot 0{,}2}{2 \cdot 2} = 1060 Нм$$

Рама візка виготовлена зі швелера №6,5. Момент опору перерізу даного швелера дорівнює Wx = 15000 мм3.

Напруження в перерізі швелера від згинального моменту визначається наступним чином

$$\sigma_{max} = \frac{1060 \cdot 10^3}{15000} = 70 МПа \quad < [\sigma_{з}] = 100 МПа$$

де [σи]=80...100 МПа – допустиме напруженнязгину для сталі, Ст3 ГОСТ 380-94

Розміри інших деталей підйомника, які сприймають силові навантаження, визначено в проектному розрахунку.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

РОЗДІЛ 3. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПІДЙОМНИКА

3.1. Основні положення моделювання динаміки підйомників

Для сучасного машинобудування характерні тенденції до підвищення точності виконання технологічних операцій та надійності машин, зокрема і автомобільних підйомників. На точність виконання технологічних операцій і надійність роботи машин суттєвий вплив мають тривалості перехідних процесів (пуск, гальмування , аварійна зупинка та зміна швидкості руху), а також характер зростання навантажень на елементи конструкції машини. Тому висуваються підвищені вимоги до методів розрахунку окремих елементів і систем в цілому, що використовуються при конструюванні та проектуванні автомобільних підйомників.

Широко розповсюджені статичні методи розрахунку в одних випадках ведуть до невиправданого підвищення коефіцієнту запасу міцності і, як наслідок, до збільшення габаритних розмірів та маси підйомників, а в інших випадках приводить до створення недостатньо надійних конструкцій підйомників, які виходять з ладу при динамічних перевантаженнях, особливо на ділянках перехідних процесів.Задовольнити найкращим чином всі вимоги до роботи автомобільних підйомників можна тільки при сумісному аналізі їхніх режимів руху з урахуванням основних кінематичних, силових, енергетичних та конструктивних факторів.Погодження конструкторських розробок з послідовним розв’язуванням задач динаміки дозволяє вже на стадії проектування автомобільного підйомника вибрати його раціональну схему, оцінити точність виконання робочих процесів, енергетичні витрати, характеристики міцності та ергономічності.

Під час роботи автомобільного підйомника, особливо на ділянках перехідних процесів, в елементах конструкції виникають коливання, якісприяють до підвищення динамічних навантажень в елементах конструкції, приводного механізму та тягового органу. Це сприяє накопиченню втомних напружень в конструкції і, як наслідок, передчасному її руйнуванню та

негативно впливає на безпечну експлуатаціюавтомобільного підйомника в цілому. Вирішення поставленої задачі можливе шляхом оптимізації режиму руху приводного механізму автомобільного підйомника на ділянках перехідних процесів, що дозволить мінімізувати коливання елементів конструкціїі , як наслідок, приводить до підвищення надійності, зменшення енергетичних витрат та підвищення продуктивності і якості виконання транспортних операцій.

Автомобільний підйомник при русі на ділянках перехідних процесів характеризуютьсянаявністюдинамічнихнавантажень,щовиникаютьв конструкції, елементах приводного механізму і в тяговому органі. Вони негативно впливають на елементи конструкції ковшового елеватора, і призводять до передчасного руйнування приводногомеханізму, підвищення енергозатрат, погіршення роботи елеватора вцілому.

Для дослідження динамічних процесів в елементах автомобільного підйомника будують динамічні моделі, які відображають бажанні характеристики і не враховують другорядні, що не мають суттєвого впливу на роботу підйомника. При переході від реальної конструкції автомобільного підйомника до його моделі нехтують тими фізичними факторами, які несуттєві для даного розрахунку або дослідження. В загальному випадку при складанні моделі автомобільного підйомника необхідно враховувати зосереджені маси, розподілені маси по довжині протяжних елементів, пружність елементів, залежності рушійних та гальмівних сил електродвигунів від частоти обертання ротора, зміну зведених мас тощо. У кожному конкретному випадку одні фізичні фактори є головними, а інші – другорядними. Модель автомобільного підйомникане повинна бутидосить складною, вона повинна відображати більшість елементівконструкції та системи приводу, а такожйого основні механічні властивості, бути нескладною з метоюспрощеннярозрахунків. Розв’язування задач динаміки автомобільного підйомникапочинається зі збору фактів та даних виробничих і наукових спостережень. На їх основі проводиться динамічне моделювання автомобільного підйомника і будується його математична модель. При цьому виділяються його найбільш суттєві

характеристики та властивості й проводиться їх опис за допомогою математичних рівнянь іформул. Побудована математична модель автомобільного підйомника може слугувати основою для дослідження його динамічних та енергетичних характеристик.

3.2. Побудова динамічної моделі підйомника

Як приклад побудови динамічної моделі автомобільного підйомника використаємо електромеханічний двостійковий підйомник. Двомоторні двостійкові електромеханічні підйомники розвивають зусилля до 5 т. Кожний електродвигун обслуговує свою стійку. Тут в якості двигуна використовуються асинхронні електродвигуни змінного струму. Електромеханічна синхронізація включає гнучкий трос, що обертається в П-подібному кожусі у верхньому розташуванні. Трос, у симбіозі з кінцевими вимикачами, не дає одному черв'ячному валу обігнати інший, вмикаючи та вимикаючи силові електродвигуни. Така конструкція менш шумна, ніж одномоторна, і надійніша в роботі. Може здатись незручним «турник» із синхронізуючим тросом, але насправді його висота дозволяє без проблем піднімати практично будь-які транспортні засоби. Крім того, ця незручність компенсується рівномірністю переміщень вздовж обох веж. Динамічна модель автомобільного підйомника представлена двомасовою динамічною моделлю (рис.4.1). В цій моделі прийняті такі позначення:*C* – жорсткість, $m_{П1}$ і $m_{П2}$ відповідно приведені маси першої і другої частин динамічної моделі, $F_{П1}$ і $F_{П2}$ відповідно приведені сили, x_1 і x_2 відповідно узагальнені координати першої і другої системи.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

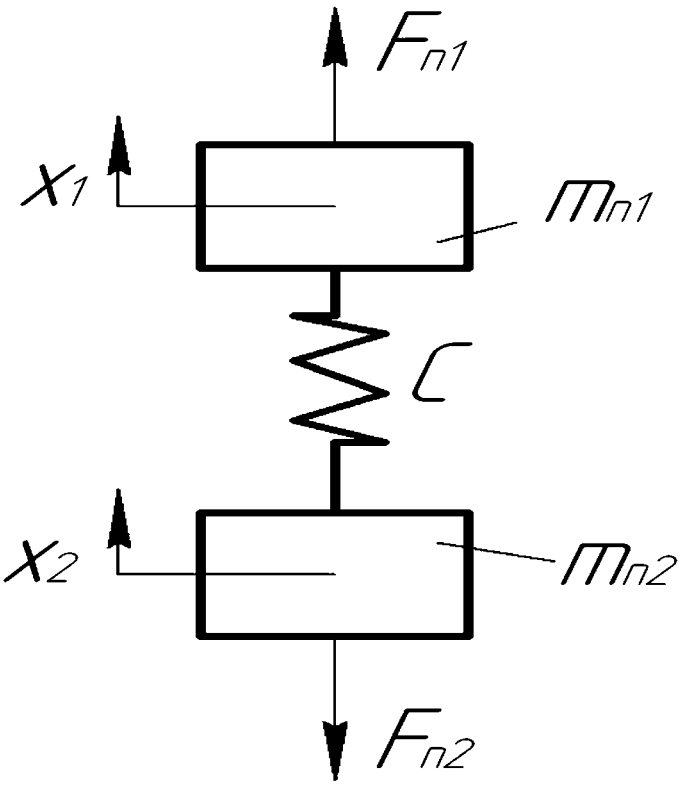


Рисунок 4.1 – Динамічна модель автомобільного підйомника

Приведена маса $m_{п1}$ 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.4.2), тобто $T_{P1}=T_{M1}$ (4.1)

Передавальне число редуктора:

$$u = \frac{\omega_н}{\omega_б};;$$

Кутова швидкість гвинта:

$$\omega_2 = \frac{2\pi v_a}{h};$$

Тут h- крок гвинта; v_a – швидкість підйому автомобіля u – передавальне число редуктора. Тоді кінетичну енергію першої частини реального механізму можна записати наступним чином:

$$T_{p1} = \frac{1}{2}I_1\omega_1^2 + \frac{1}{2}I_2\omega_1^2 + \frac{1}{2}I_3\omega_1^2 + \frac{1}{2}I_4\omega_1^2 + \frac{1}{2}I_5\omega_2^2 + \frac{1}{2}I_6\omega_2^2 v = \frac{1}{2}(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)\cdot\omega_1^2 + \frac{1}{2}(I_5 + I_6)\cdot\omega_2^2 = \frac{2\dot{x}_1^2}{D^2}\cdot[(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)\cdot u_p^2 + I_5 + I_6] \quad (4.2)$$

де I1, I2, I3 - моменти інерції відповідно ротора двигуна, муфти та гальмівного шківа відносно власних осей обертання; $I4 = \delta I1$ - момент інерції елементів редуктора, зведений до осі обертання ротора двигуна;

δ = 0,05...0,1 – коефіцієнт, що враховує долю зведеного моменту інерції ланок редуктора відносно моменту інерції ротора двигуна; I5, I6 - моменти інерції відповідно жорсткої муфти та гвинта відносно власних осей обертання.

Кінетична енергія першої частини моделі представляється залежністю:

$$T_{м1} = \frac{1}{2} \cdot m_{п1} \cdot \dot{x}_1^2; \quad (4.3)$$

Використавши умову (4.1), отримаємо:

$$\frac{2\dot{x}_1^2}{D^2} \cdot \left[(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p^2 + I_5 + I_6\right] = \frac{1}{2} \cdot m_{п1} \cdot \dot{x}_1^2; \quad (4.4)$$

З рівняння (4.4) знаходимо:

$$m_{п1} = \frac{4}{D^2} \cdot \left[(I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot u_p^2 + I_5 + I_6\right] = \frac{4}{0{,}26^2}[(0{,}6 + 0{,}12 + 0{,}12 + 0{,}4) \cdot 17^2 + 0{,}8 + 0{,}19] = 21000 \text{ кг}; \quad (4.5)$$

Аналогічно визначається приведена маса $m_{п2}$ з умови рівності кінетичних енергій другої частини механізму $T_{Р2}$ та другої частини моделі, тобто:

$$T_{Р2} = T_{м2}; \quad (4.6)$$

Виразимо швидкість вантажу v через швидкість гвинта $\dot{x}_2$:

$$v = \frac{\dot{x}_2}{u_p};$$

де u_p – передаточне число поліспаста;

Тоді

$$T_{Р2} = \frac{1}{2}(m + m_{зп}) \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{m + m_{зп}}{u_p^2} \cdot \dot{x}_2^2; \quad (4,7)$$

де m, $m_{зп}$ - маси відповідно вантажу та захватного пристрою.

Кінетична енергія другої частини моделі:

$$T_{м2} = \frac{1}{2} \cdot m_{п2} \cdot \dot{x}_2^2; \quad (4.8)$$

Прирівнявши вирази, отримаємо:

$$m_{п2} = \frac{m + m_{зп}}{u_p^2} = \frac{2000}{4} = 500 \text{ кг};$$

Приведену силу F_{P1} визначимо з умови рівності потужностей сил з першої частини механізму P_{PT} і моделі P_{M1}:

$$P_{PT} = P_{M1}; \quad (4.9)$$

$$P_{PT} = M_1 \omega_2 = M \cdot \frac{2\dot{x}_1}{D} \cdot u_p; \quad (4.10)$$

$$P_{M1} = F_{P1} \cdot \frac{\dot{x}_1}{\eta_{1-6}}; \quad (4.11)$$

Підставивши вирази (4.10) і (4.11) у рівняння (4.9) отримаємо:

$$F_{P1} = \frac{2M u_p}{D} \cdot \eta_{1-6};$$

$$F_{p1} = \frac{2M_{дв} u}{D} \eta = \frac{4M_{кр} u}{D\left[\frac{S}{S_{kp}} + \frac{S_{kp}}{S}\right]} = \frac{4\lambda M_H u \eta}{D\left[\frac{1 - \frac{2\dot{x}_1 u}{D\omega_0}}{S_{kp}} + \frac{S_{kp}}{1 - \frac{2\dot{x}_1 u}{D\omega_0}}\right]} \quad (4.12)$$

де M – рушійний момент на валу електродвигуна, який визначається з його механічної характеристики; $\eta 1-6$ – к.к.д. передачі від двигуна до гвинта.

Приведену силу F_{P2} визначають з умови рівності потужностей сил другої частини механізму P_{P2} і моделі P_{M2}:

$$P_{P2} = P_{M2}; \quad (4.13)$$

$$P_{P2} = (m + m_{зп}) \cdot g \cdot \frac{\dot{x}_2}{u_p}; \quad (4.14)$$

$$P_{M2} = F_{P2} \cdot \dot{x}_2 \cdot \eta_{7-8}; \quad (4.15)$$

Після підстановки виразів (4.13)і (4.14) у рівняння (4.13) будемо мати:

$$F_{P2} = \frac{(m+m_{зп})g}{u_p \eta_{7-8}} = \frac{200 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}975} = 10061 \text{ Н}; \quad (4.16)$$

де $g = 9{,}8$ м/с^2 - прискорення вільного падіння; η_{7-8} - к.к.д. від гвинта до вантажу.Визначимо крутний момент двигуна:

$$S = \frac{\omega_0 - \omega_{дв}}{\omega_0} \quad (4.17)$$

$$S_{ном} = \frac{n_0 - n_{ном}}{n_0} = \frac{1000 - 955}{1000} = 0{,}045;$$

$$s_{КР} = 0{,}27;$$

3.3. Побудова математичної моделі динаміки руху підйомника

При визначенні динамічних навантажень, що виникають в підйомному канаті при набіганні на барабан, динамічна модель має вигляд, представлений на рис.4.1. Параметрами цієї моделі є: $m_{п1}$, $m_{п2}$ - приведені маси відповідно першої (допружного елементу) та другої (після пружного елементу) частин механізму підйому; $F_{п1}$, $F_{п2}$ - приведені сили відповідно першої та другої частин механізму підйому; сп – приведена до канату, що набігає на барабан, жорсткість поліспастної системи; x_1 , x_2 – узагальнені координати першої та другої зведених мас динамічної моделі.

Виписати кінцеві формули для визначення параметрів динамічної моделі, які були знайдені в попередніх лабораторних роботах.

Вказати можливі методи побудови математичних моделей і вибрати один з цих методів для побудови математичної моделі наведеної динамічної моделі.

НУБіП України

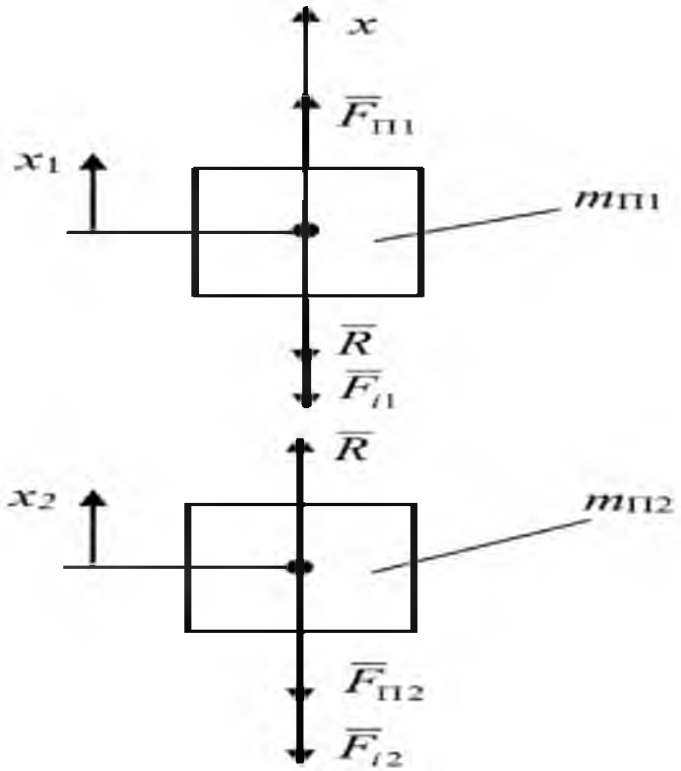


Рисунок 4.2 – Рівновага мас моделі

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. 4.1) найбільш доцільним методом побудови математичної моделі можна вважати метод динамічної рівноваги.

Побудувати математичну модель динаміки руху механізму підйому обраним методом.

Суть методу динамічної рівноваги полягає в тому, що розглядається динамічна рівновага кожної з приведених мас і для них складаються відповідні рівняння. Розчленуємо дві маси динамічної моделі на окремі маси і замінимо

НУБіП України

в'язь пружного елементу реакцією в'язі. Крім того, до кожної з мас прикладемо сили інерції. В результаті таких перетворень динамічна модель (рис. 4.1) набуде вигляду, який представлено на рис.4.2. 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:

- для першої маси

$$F_{П1} - R - F_{i1} = 0 \tag{4.18}$$

- для другої маси

$$R - F_{П2} - F_{i2} = 0 \tag{4.19}$$

Розв'язуючи спільно рівняння (4.1) та (4.2), знайдемо закон руху механізму підйому для динамічної моделі, що наведена на рис. 4.1.

У рівняннях (4.18) та (4.19) вирази реакції та сил інерції мають вигляд:

$$R = c_{П}(x_1 - x_2)$$

$$F_{i1} = m_{П1} \cdot \ddot{x}_1$$

$$F_{i2} = m_{П2} \cdot \ddot{x}_2 \tag{4.20}$$

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

Після підстановки виразів (4.20) у рівняння (4.18) та (419) отримаємо систему диференціальних рівнянь, які будуть представляти математичну модель динаміки руху механізму підйому вантажу:

$$\begin{cases} F_{П1} - c_{П} \cdot (x_1 - x_2) - m_{П1} \cdot \ddot{x}_1 = 0 \\ c_{П} \cdot (x_1 - x_2) - F_{П2} - m_{П2} \cdot \ddot{x}_2 = 0 \end{cases} \tag{4.21}$$

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

$$\begin{cases} m_{П1} \cdot \ddot{x}_1 = F_{П1} - c_П \cdot (x_1 - x_2) \\ m_{П2} \cdot \ddot{x}_2 = -F_{П2} + c_П \cdot (x_1 - x_2) \end{cases} \quad (4.22)$$

В систему рівнянь необхідно ввести вирази приведених мас mп1 та mп2, приведених сил $F_{п1}$ та $F_{п2}$ і коефіцієнта жорсткості сп. В результаті розв'язку системи з урахуванням виразів $m_{П1}$, $m_{П2}$, $F_{П1}$, $F_{П2}$ і $c_П$ отримуємо закон динаміки руху механізму підйому вантажу.

Оскільки представлена система диференціальних рівнянь руху (4.22) є нелінійною за рахунок н лінійності механічної характеристики приводного електродвигуна, то для їхнього розв'язування доцільно використати чисельні методи з використанням комп'ютерної техніки. Зокрема, тут може бути використана програма«Mathemetics» або інші програми Matlab. На основі розв'язку системи диференціальних рівнянь руху визначити кінематичні, силові та енергетичні характеристики в ланках механізму підйому. До таких характеристик можна віднести залежності переміщень, швидкостей та прискорень першої та другої зведених мас, рушійного моменту та потужності на валу приводного електродвигуна, зусилля в канаті, що набігає на барабан, та швидкості його зміни в часі на ділянках пуску, усталеного руху та гальмування. Крім того, доцільно визначати абсолютні максимальні значення цих характеристик в процесі руху, а також побудувати фазові портрети коливань.

3.4. Результати динамічного аналізу

У кінематиці дослідження руху ведеться тільки з врахуванням будови механізмів та геометричних співвідношень між розмірами ланок. Передбачається, що рух вхідних ланок відомий. Рух вихідних ланок вивчається в залежності від заданого руху вхідних ланок. За цих умов сили, які діють на ланки механізму, не враховуються.

Динамікавивчаєдійснийрухмеханізмів з урахуваннямусіхфакторів, що на ньоговпливають. Динамікоюназиваєтьсярозділмеханіки, у якомувивчаєтьсярухматеріальнихтілпіддією сил. Розрізняютьдвіосновнізадачідинаміки:

- визначення сил, якідіють на ланки механізмів за заданим законом руху, та встановленняспособівзменшеннядинамічнихнавантажень, щовиникаютьприрусімеханізмів;

- визначеннядійсного закону рухумеханізмівпіддієюприкладених до нього сил та встановленняспособівзабезпеченнязаданихрежиміврухумеханізму.

Перша задача маєназву силового аналізумеханізмів, а друга – динамікимеханізмів.

У динамікувходять і ряд інших задач, щомаютьважливетехнічнезначення: тертя у кінематичних парах; механічнийкоефіцієнткорисноїдіїмеханізмів; теоріяколивань в механізмах та віброзахист машин і т. ін.

Крімцього у динаміці можна виділити два класи задач – аналіз механізмів і машин та синтез механізмів і машин за даними динамічними умовами.

Під час роботи автомобільного підйомникавиникають значні динамічні навантаження як в системі привода, так і в несучій конструкції. Ці навантаження приводять до багатократних пошкоджень елементів від втоми матеріалу. При цьому продуктивність підйомника зменшується та підвищується ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Тому для усунення динамічних навантажень під час роботи механіму підйому вантажу потрібно підібрати режими руху механізму, щоб вони могли зменшити динамічні навантаження.

Вони виникають в різних елементах привода. Для вирішення цієї задачі потрібно скористатися задачами динаміки машинтапобудувати динамічну модель, в нашому випадку, двомасова динамічна модель. Під час побудови динамічної моделі можна деякими властивостями або факторами знехтувати.

Розрахунки та побудови графіків виконуємо в програмному середовищі WolframMathematica з використанням двомасової математичної моделі.

Вибравши всі необхідні параметри та виконавши необхідні розрахунки побудуємо графічні залежності основних кінематичних , динамічних та енергетичних характеристик автомобільного підйомника параметрів з моменту пуску до виходу на усталений режим руху для аналізу роботи системи автомобільного підйомника.

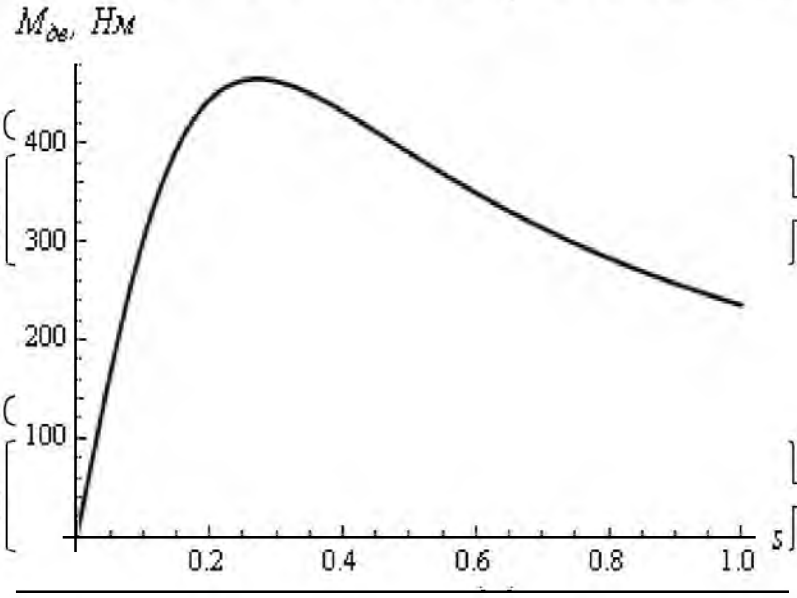
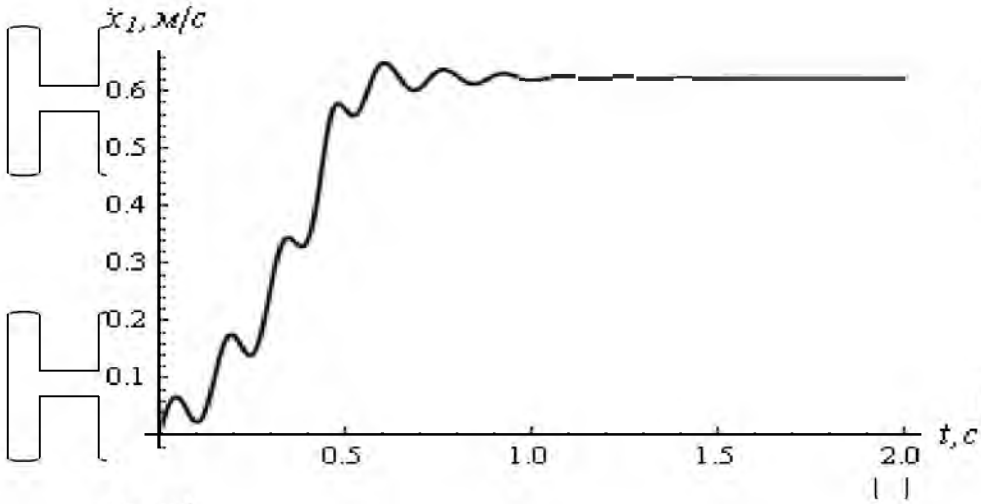


Рисунок 4.3 - Графік рушійного моменту електродвигуна

Графік крутного моменту який показує залежність крутного моменту від частоти обертання, де можна побачити його стабілізацію.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України



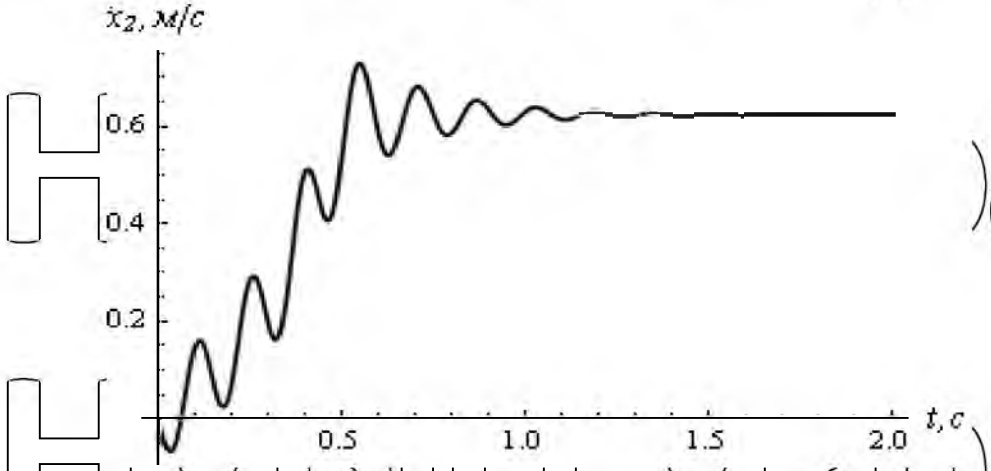


Рисунок 4.4 - Графіки зміни лінійної швидкості $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$

Графічна залежність переміщення, з якого видно, що система має коливання ~~швидкості~~ ~~першої~~ та другої мас, а також завдяки ~~якій~~ ми бачимо, на яких секундах двигун починає працювати у нормальному для нього режимі.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

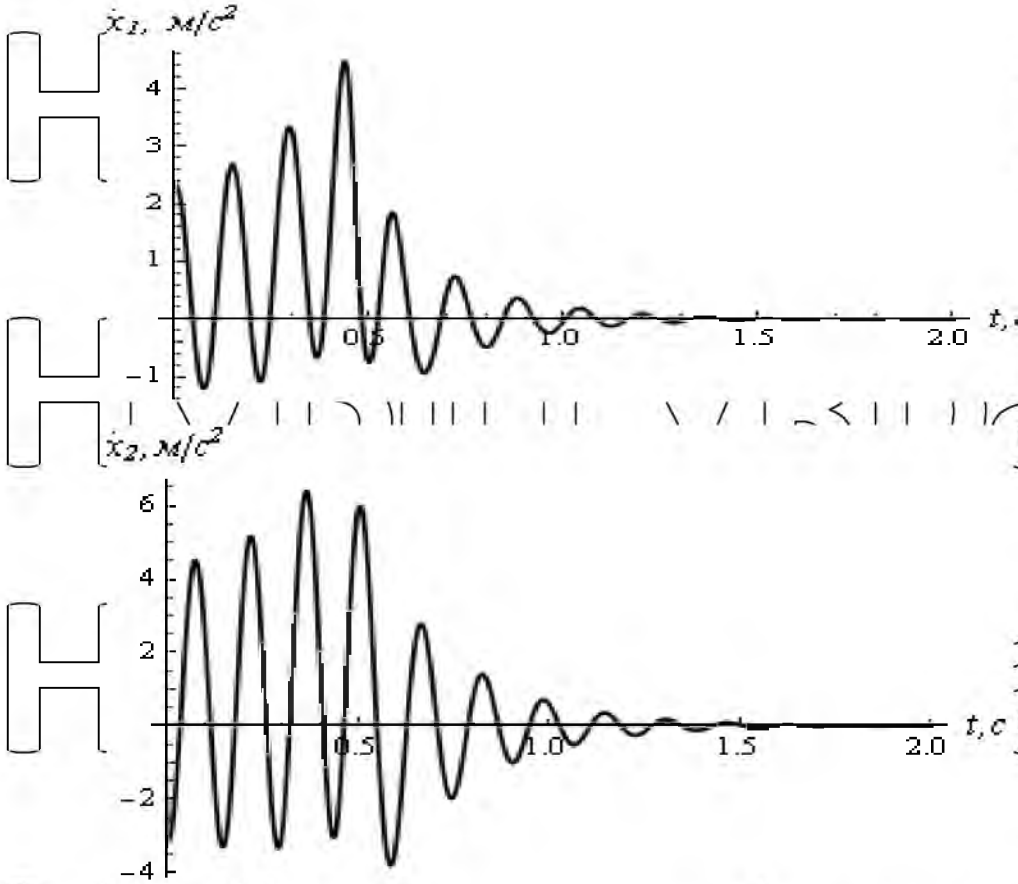


Рисунок 4.5 - Графіки зміни лінійного прискорення $\ddot{x}_1$, $\ddot{x}_2$

Графік прискорення набігання канату на барабан, показує зростання прискорення із збільшенням швидкості обертання барабана яке поступово виходить на розрахункове. Максимальне прискорення першої маси 4, 47 м/с^2.

Максимальне прискорення другої маси 6, 39 м/с^2

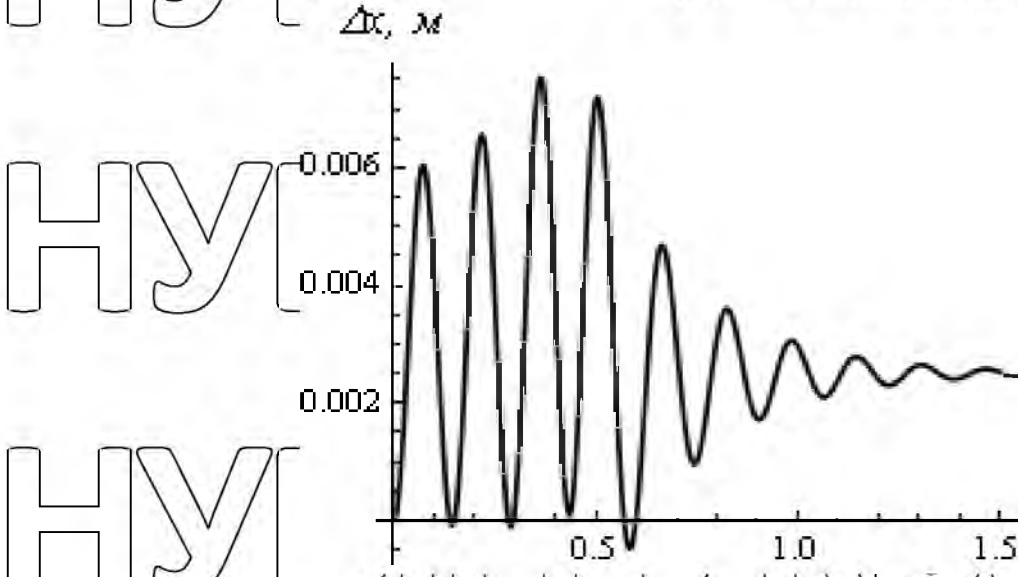


Рисунок 4.6 -Графік розтягу канату

Максимальнийрозтягканатурівний 0,8 см

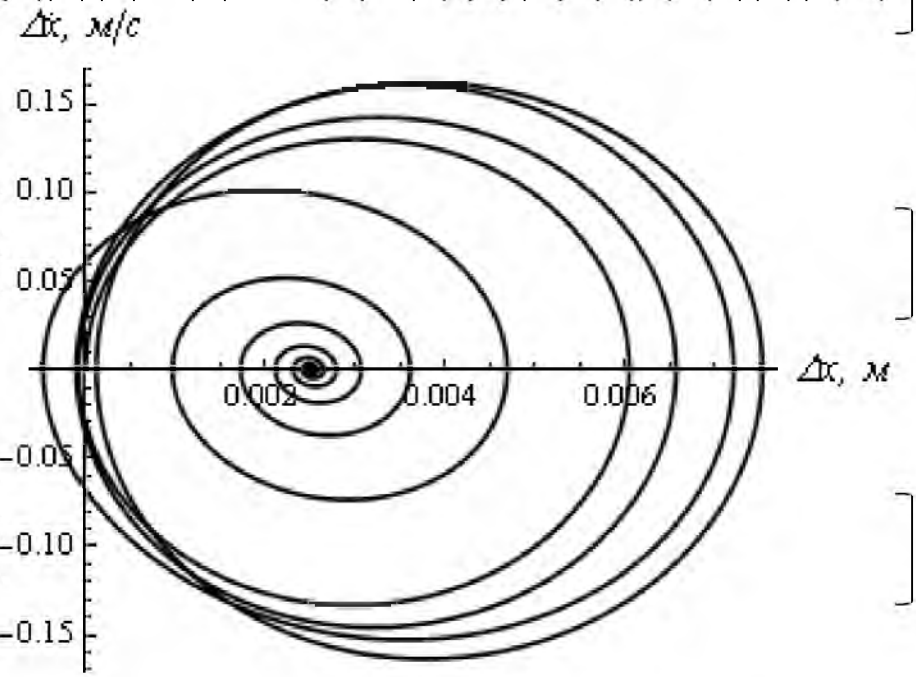


Рисунок 4.8 - Графік динамічних характеристик

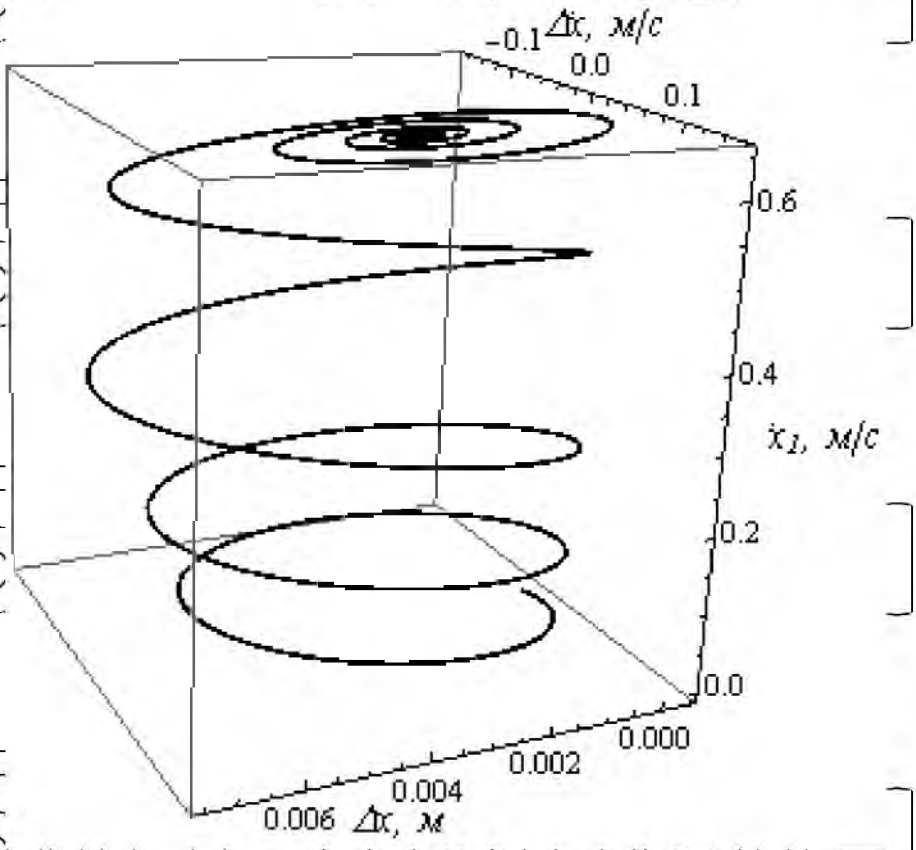


Рисунок 4.9 - 3D графік динамічних характеристик

За допомогою цього графіка ми можемо бачити динамічні характеристики в 3D просторі.

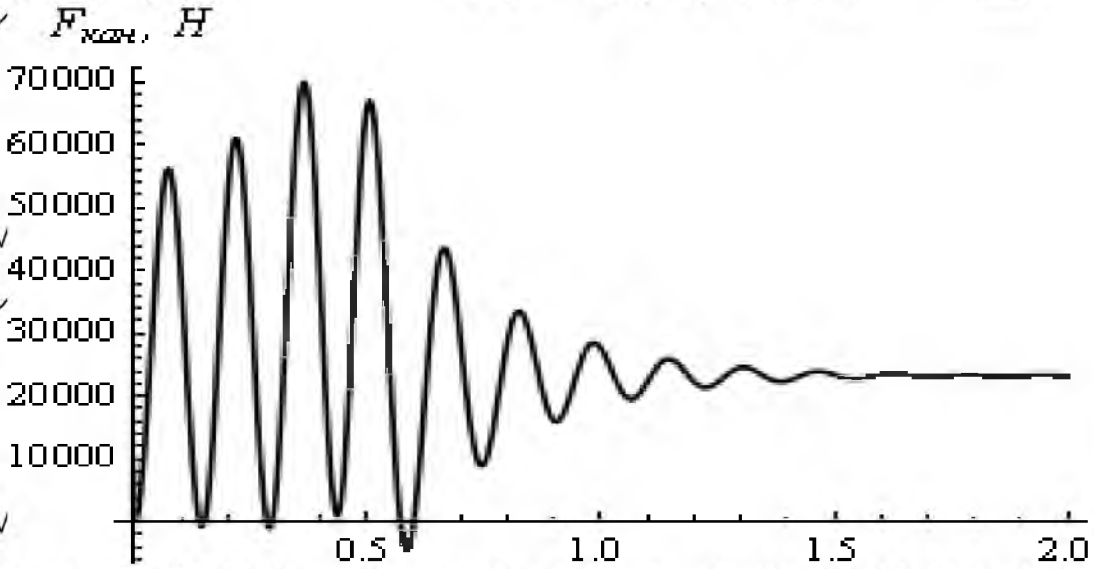


Рисунок 4.10 - .Графік зміни зусилля в канаті

Графік зміни зусилля в канаті відображає напруження в канаті під час пуску, яке в декілька разів перевищує номінальне розрахункове. Далі зусилля стабілізується.Максимальнезусилляроztягуканатурівне 69949.7 Н, а коефіцієнт динамічності каната рівний 3, 0012.

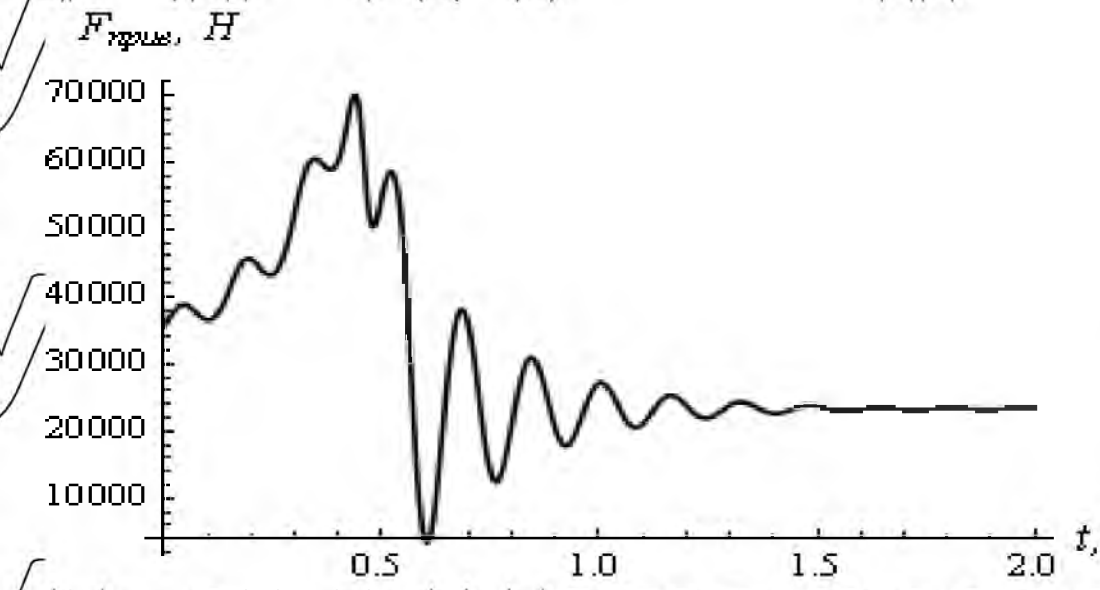


Рисунок 4.11 - Графік рушійного зусилля в приводі

Відображає процес прикладання зусиль під час процесу пуску. На початку пуску він в рази перевищує усталені навантаження, що є не бажаним процесом.

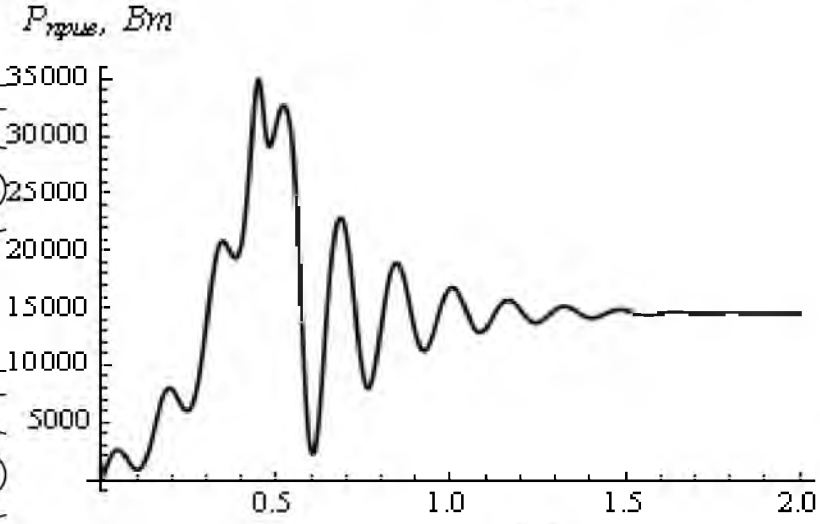


Рисунок 4.12 -Графік енергетичної характеристики

Вказує на те, як змінюється навантаження електродвигуна під час розгону привода автомобільного підйомника Максимальна потужність приводу рівна34997,1 Вт.

Перевантаження двигуна за потужністю 2, 33

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було зроблено:

Розрахунок основних конструктивних параметрів механізму підйому вантажу виходячи із вихідних даних та кінематичної схеми привода. Та розрахунок привода для вибору електродвигуна та редуктора, що зображений на кінематичній схемі.

Побудовано динамічну модель привода у вигляді двомасової схеми та проведений розрахунок параметрів, які входять до динамічної моделі.

Складено систему диференціальних рівнянь руху, на основі методу д'Аламбера, які описують рух системи.

Проведено чисельний розв'язок системи диференціальних рівнянь, який має вигляд інтерполяційного поліному, за яким були побудовані графіки невідомих функцій. Чисельне інтегрування проводилося з програмному продукті WolframMathematica 9.Результатом чисельного інтегрування стали графічні залежності зміни лінійних швидкостей $\dot{x}_1, \dot{x}_2$, прискорень $\ddot{x}_1, \ddot{x}_2$ графік зміни рушійного зусилля приводу, графік зміни реакції у пружній ланці, фазовий портрет, об'ємні фазові портрети та графічна залежність зміни потужності від часу.

Встановлено, що під час роботи автомобільного підйомника на виникають динамічні навантаження, які є небажані. Тому під час роботи приводу необхідно обирати такі режими пуску двигуна, які б супроводжувались плавним прикладанням рушійного зусилля. Таким чином, доцільно гасити коливання при перехідних режимах руху, тобто бажано провести оптимізацію механізму підйому автомобільного підйомника.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПІДЙОМНИКА

4.1. Вибір критерію оптимізації режиму руху

Як правило, в процесі оптимального керування підйомниками параметром керування обирають один із трьох параметрів: швидкість руху підйомника, прискорення підйомника або рушійне зусилля приводного механізму.

Проаналізуємо можливість вибору кожного з параметрів. Відомо, що при виборі параметром керування швидкості підйомника, режим керування являє собою кусково-сталу функцію і її практично неможливо реалізувати на реальному підйомнику з асинхронним електродвигуном. Отже, обрати швидкість підйомника, як параметр керування для автомобільного підйомника є недоцільно і практично неможливо реалізувати в реальних умовах експлуатації.

Для автомобільного підйомника не дуже важливо, який з параметрів обирати, адже прискорення підйомника та рушійне зусилля приводного механізму є параметрами, які лінійно залежать між собою.

Якщо параметром керування обрати прискорення підйомника, то для максимальної швидкодії прискорення підйомника повинно бути сталою величиною та максимально допустимим на кожному етапі не залежно від положення автомобіля на підйомнику. Це важко реалізувати на практиці. Найбільш доцільним є розв'язання задачі оптимального керування рухом підйомника, якщо обрати в якості параметра керування рушійне зусилля приводу. Рушійне зусилля обмежується, однак воно має більш природний характер, а ніж обмеження прискорення підйомника. Це прискорення визначається потужністю приводу, умовами руху та вимогами міцності. Це значить, що швидкість та прискорення підйомника змінюватимуться залежно від рушійного зусилля та взаємодії ваги автомобіля та рушійного зусилля. Це призведе до ускладнення розв'язання задачі, проте режим керування руху, який буде отримано, можна вважати оптимальним з точки зору швидкодії.

Тому за критерій оптимізації режиму руху автомобільного підйомника візьмемо середньоквадратичне значення рушійного зусилля приводного механізму за час пуску, яке визначається наступною залежністю

$$F_{\text{пуск}} = \left[\frac{1}{t_1}\int_0^{t_1} F_{\text{п1}}^2\, dt\right]^{\frac{1}{2}} \to min, \qquad (5.1)$$

де t - час; t_1 - тривалість перехідного процесу руху візка з вантажем.

Для розв'язання задачі оптимального керування рухом використаємо двомасову динамічну модель у вигляді «приводний механізм - вантаж», яка розглянута в четвертому розділі. Така динамічна модель описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m_{\text{п1}} \cdot \ddot{x}_1 = F_{\text{п1}} - c_{\text{п}} \cdot (x_1 - x_2) \\ m_{\text{п2}} \cdot \ddot{x}_2 = -F_{\text{п2}} + c_{\text{п}} \cdot (x_1 - x_2) \end{cases} \qquad (5.2)$$

З отриманого рівняння знаходимо рушійне зусилля приводного механізму переміщення візка, яке визначається таким чином

$$F_{\text{п1}} = (m_{\text{п1}} + m)x^{\text{II}} + m_{\text{п1}}\frac{l}{g}x^{\text{IV}} + F_{\text{п2}} \qquad (5.3)$$

Тепер знайдемо підінтегральний вираз для інтегрального динамічного критерію (4.1), який виражається наступною залежністю

$$f = F_{\text{п1}}^2 = \left[(m_{\text{п1}} + m)x^{\text{II}} + m_{\text{п1}}\frac{1}{c}x^{\text{IV}} + F_{\text{п2}}\right]^2. \qquad (5.4)$$

Отже, сформовано інтегральний динамічний критерій, який дозволить визначити оптимальний режим руху кранового візка з вантажем. Оскільки цей критерій відображає небажані властивості кранового візка з вантажем, тому він підлягає мінімізації.

4.2. Оптимізація режиму руху підйомника

Умовою мінімуму критерію (5.1) з урахуванням виразу (5.7) є рівняння Пуассона, які мають наступний вигляд

$$\frac{\delta f}{\delta x} - \frac{d}{dt}\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{I}}} + \frac{d^2}{dt^2}\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{II}}} - \frac{d^3}{dt^3}\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{III}}} + \frac{d^4}{dt^4}\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{IV}}} = 0; \quad (5.5)$$

Провівши необхідні для рівняння (5.8) операції диференціювання над виразом (4.7), отримаємо такі залежності:

$$\frac{\delta f}{\delta x} = 0;\ \frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{I}}} = 0;\ \frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{III}}} = 0;$$

Тоді

$$\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{II}}} = 2\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{II}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}} + F_{\mathrm{п2}}\right](m_{\mathrm{п1}} + m);$$

$$\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{IV}}} = 2\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{II}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}} + F_{\mathrm{п2}}\right]\ m_{\mathrm{п1}}\frac{l}{g};$$

$$\frac{d^2}{dt^2}\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{II}}} = 2\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}} + 0\right](m_{\mathrm{п1}} + m);$$

$$\frac{d^4}{dt^4}\frac{\delta f}{\delta x^{\mathrm{IV}}} = 2\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{VIII}} + 0\right]\ m_{\mathrm{п1}}\frac{l}{g}.$$

Після підстановки отриманих виразів у рівняння (5.8) отримаємодиференціальне рівняння восьмого порядку:

$$2(m_{\mathrm{п1}} + m)\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}}\right] + 2m_{\mathrm{п1}}\frac{l}{g}\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{VIII}}\right] = 0;$$

$$(m_{\mathrm{п1}} + m)\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}}\right] + m_{\mathrm{п1}}\frac{l}{g}\left[(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{VIII}}\right] = 0$$

$$(m_{\mathrm{п1}} + m)^2 x^{\mathrm{IV}} + (m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}} + m_{\mathrm{п1}}\frac{l}{g}(m_{\mathrm{п1}} + m)x^{\mathrm{IV}} + \left(m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}\right)^2 x^{\mathrm{VIII}} = 0;$$

$$(m_{\mathrm{п1}} + m)^2 x^{\mathrm{IV}} + 2(m_{\mathrm{п1}} + m)\left(m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}x^{\mathrm{IV}}\right) + \left(m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}\right)^2 x^{\mathrm{VIII}} = 0;$$

Розділивши в останньому рівнянні всі член на коефіцієнт біля найстаршої похідної, будемо мати таке рівняння

$$x^{\mathrm{VIII}} + 2\frac{(m_{\mathrm{п1}} + m)}{\left(m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}\right)}x^{\mathrm{VI}} + \frac{(m_{\mathrm{п1}} + m)^2}{\left(m_{\mathrm{п1}}\frac{m}{C}\right)^2}x^{\mathrm{IV}} = 0.$$

В останньому рівнянні зробимо наступну заміну

$$k=\sqrt{\frac{m_{п1}+m}{m_{п1}m}}C, \quad (5.6)$$

в результаті чого отримаємо лінійне однорідне диференціальне рівняння восьмого порядку з постійними коефіцієнтами, яке може бути розв'язано аналітичними методами

$$x^{VIII}+2k^2x^{VI}+k^4x^{IV}=0, \quad (5.7)$$

де k – частота власних коливань системи «візок – вантаж».

Для розв'язку рівняння (4.7) складемо характеристичне рівняння і визначимо його корені:

$$r^8+2k^2r^6+k^4r^4=0 \quad (5.8)$$

$$r^4(r^4+2k^2r^2+k^4)=0$$

$$r^4=0\rightarrow r^1=r^2=r^3=r^4=0$$

$$r^4+2k^2r^2+k^4=0 \text{ Заміна } r^2=p$$

$$p^2+2k^2p+k^4=0$$

$$p_{1,2}=-k^2\pm\sqrt{k^2-k^2}=-k^2\pm0\rightarrow p_1=-k^2;\ p_2=-k^2$$

$$r_{5,6}=\sqrt{p_1}=\sqrt{-k^2}=\pm ki;$$

$$r_{7,8}=\pm ki; \quad (5.9)$$

Отриманим кореням характеристичного рівняння (5.8) відповідає розв'язок рівняння (5.7) з урахуванням виразу (5.6), який має наступний вигляд

$$x=c_1+c_2t+c_3t^2+c_4t^3+(c_5+c_6t)\sin kt+(c_7+c_8t)\cos kt, \quad (5.10)$$

де $c_1, c_2 \ldots c_8$ постійні інтегрування, які вираховуються з крайових умов руху:

$$\begin{cases} t=0: x=0, x_1=0, x^{I}=0, x_1^{I}=0; \\ t=t_1: x^{I}=v, x_1^{I}=v, x^{II}=0, x_1^{II}=0 \end{cases} \quad (5.11)$$

Зведемо крайові умови (5.11) лише до координати вантажу та її похідних за часом:

$$\begin{cases} t=0: x_1=0, x=0, x^{II}=0, x_1^{I}=0, x^{I}=0, x^{III}=0 \\ t=t_1: x^{I}=v, x_1^{I}=v, x^{III}=0, x_1^{II}=0, x^{II}=0, x^{IV}=0 \end{cases},$$

$$\begin{cases} t=0: x=0, x^{I}=0, x^{II}=0, x^{III}=0, \\ t=t_1: x^{I}=v, x^{II}=v, x^{III}=0, x^{IV}=0 \end{cases} \quad (5.12)$$

Тепер візьмемо похідні за часом від виразу (4.10), в результаті чого будемо мати такі залежності швидкості, прискорення та більш високих похідних за часом вантажу (автомобіля):

$$x^{\mathrm{I}} = 0 + c_2 + 2c_3 t + 3c_4 t^2 + c_6 \sin kt + (c_5 + c_6 t)\, k\cos kt + c_8 \cos kt - (c_7 + c_8 t)\, k\sin kt;$$

$$x^{\mathrm{I}} = c_2 + 2c_3 t + 3c_4 t^2 + (c_6 - c_7 k - c_8 kt)\sin kt + (c_8 + c_5 k + c_6 kt)\cos kt;$$

$$x^{\mathrm{II}} = 0 + 2c_2 + 2\cdot 3c_4 t^{(2-1)} - c_8 k\sin kt + (c_6 - c_7 k - c_8 kt)k\cos kt + c_6 k\cos kt - (c_8 + c_5 k + c_6 kt)\, k\sin kt;$$

$$x^{\mathrm{II}} = 2C_3 + 6C_4 t - (2C_8 + C_5 k + C_6 kt)k sinkt + (2C_6 - C_7 k - C_8 kt)k coskt;$$

$$x^{\mathrm{III}} = 0 + 6C_4 - C_6 k^2 \sin kt - (2C_8 + C_5 k + C_6 kt)k^2 coskt - C_8 k^2 coskt - (2C_6 - C_7 k - C_8 kt)k^2 sinkt;$$

$$x^{\mathrm{III}} = 6C_4 - (3C_6 - C_7 k - C_8 kt)k^2 sinkt - (3C_8 + C_5 k + C_6 kt)k^2 coskt;$$

$$x^{\mathrm{IV}} = 0 + C_8 k^3 \sin kt - (3C_6 - C_7 k - C_8 kt)k^3 coskt - C_6 k^3 coskt + (3C_8 + C_5 k + C_6 kt)k^3 sinkt;$$

$$= (4C_8 + C_5 k + C_6 kt)k^3 sinkt - (4C_6 - C_7 k - C_8 kt)k^3 coskt. \qquad (5.13)$$

Підставивши в останні залежності кінематичних характеристик крайові умови (5.12), будемо мати систему лінійних рівнянь для визначення постійних інтегрування $c_1, c_2, \ldots, c_8$ коли t=0 отримаємо:

$$0 = c_1 + c_7;$$

$$0 = c_2 + c_5 k + c_8;$$

$$0 = +2c_3 + (2c_6 - c_7 k)k;$$

$$0 = 6c_4 - (3c_8 + c_5 k)k^2;$$

при $t = t_1$:

$$V = c_2 + 2c_3 t_1 + 3c_4 t_1^2 + (c_6 - c_6 k - c_8 kt_1)\sin kt_1 + (c_8 + c_5 k + c_6 kt_1)\cos kt_1;$$

$$0 = 2c_3 + 6c_4 t_1 - (2c_8 + c_5 k + c_6 kt_1)k\sin kt_1 + (2c_6 - c_7 k - c_8 kt_1)\, k\cos kt_1;$$

$$0 = 6c_4 - (3c_6 - c_7 k - c_8 kt_1)k^2 \sin kt_1 - (3c_8 + c_5 k + c_6 kt_1)k^2 \cos k t_1;$$

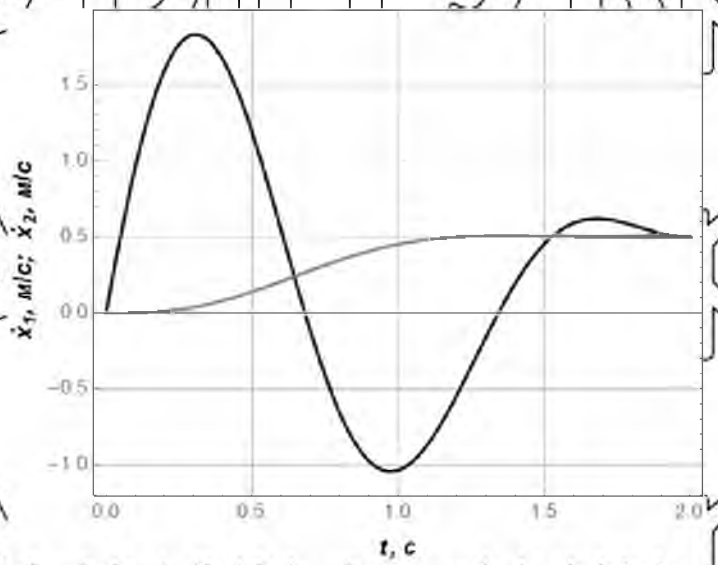
$$0 = (4c_8 + c_5 k - c_6 kt_1)k^3 \sin kt_1 - (4c_6 + c_7 k + c_8 kt_1)k^3 \cos k t_1. \qquad (5.14)$$

Розв'язавши систему рівнянь (5,14), знайдемо постійні інтегрування і підставимо їх в залежності (5.13) для визначення кінематичних характеристик. В

результаті проведених розрахунків в комп'ютерній програмі у програмному середовищі WolframMathematika побудовані графічні залежності бажаних характеристик автомобільного підйомника.

4.3. Результати оптимізації режиму пуску автомобільного підйомника

В результаті проведених розрахунків побудовані графічні залежності кінематичних (рис.5.1- 5.2), силових (рис.5.3) та енергетичних (рис.5.4) характеристик автомобільного підйомника при оптимальному режимі пуску приводного механізму.



Риунок.5.1 - Графіки швидкостей зведеної маси приводу та вантажу

Оптимальний режим зміни швидкостей приводу та вантажу (рис. 5.1) показує, що швидкість приводу змінюється плавно. Разом з тим, швидкість вантажу (автомобіля) має значну амплітудою коливань, як затухають до закінчення процесу пуску і при усталеному русі вони відсутні.

НУБіП України

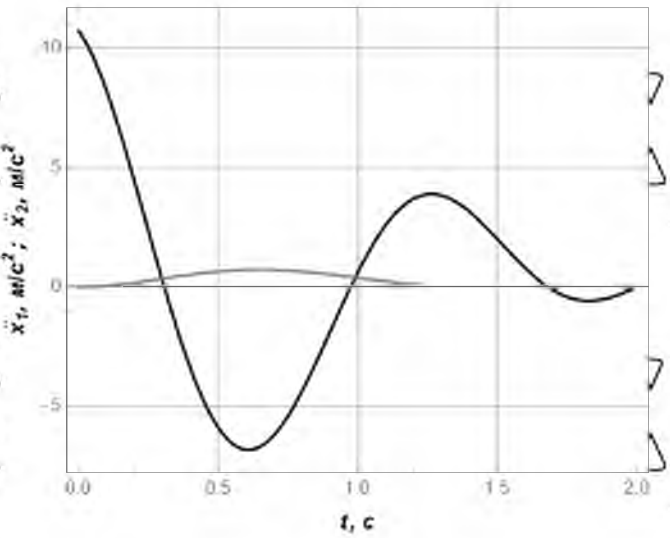


Рисунок 5.2 - Графіки прискорень зведеної маси приводу та вантажу

З рис. 5.2 можна бачити, що прискорення приводу змінюється плавно і має досить мале максимальне значення. Разом з тим, прискорення вантажу має значну величину максимального значення при наявності коливань, які затухають до кінця процесу пуску.

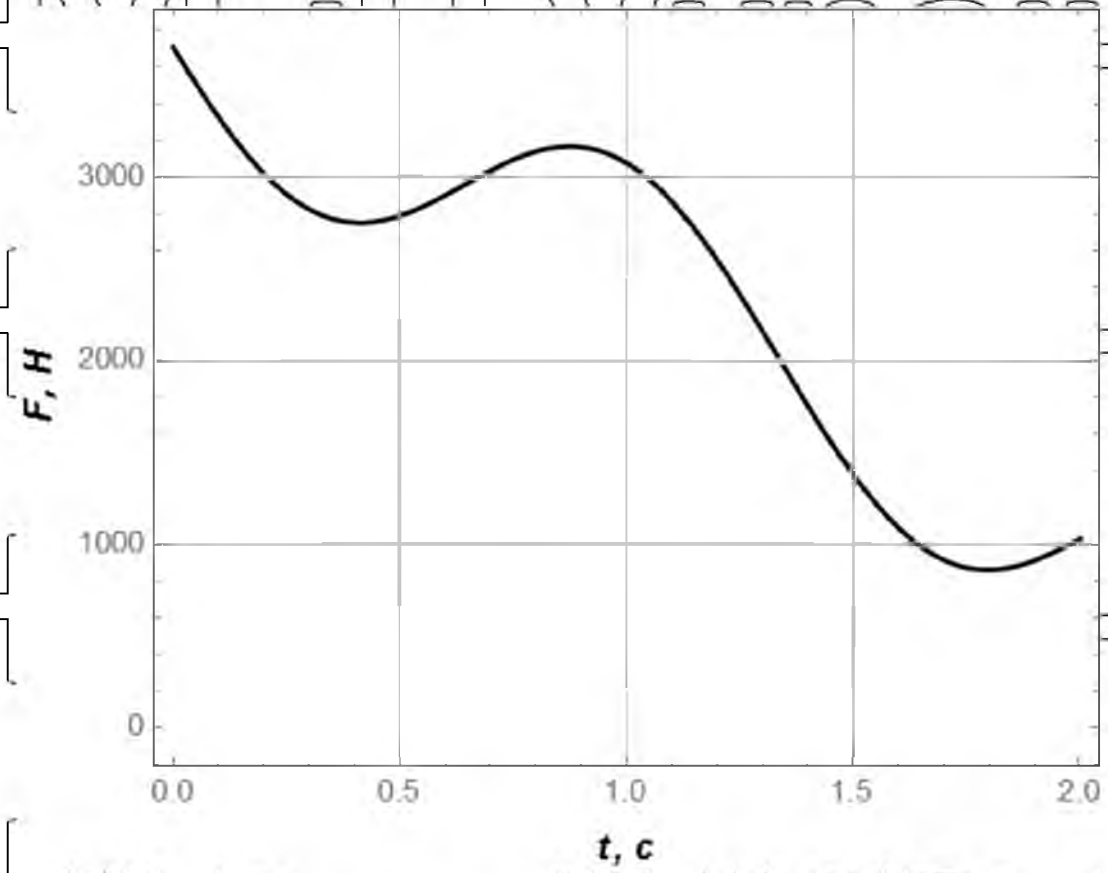


Рисунок 5.3 - Графік зміни рушійного зусилля приводу

З рис. 5.3 видно, що графічна залежність рушійного зусилля приводу при оптимальному режимі пуску показує, що рушійне засилля на початку руху приймає максимальне значення (3,8 кН) і до кінця пуску зменшується до 1,0 кН.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Бути **розумним** користувачем підйомника починається й закінчується тим, що він **безпечний** користувач. Оскільки Інститут автомобільних підйомників (ALI) зосереджується на безпеці автомобільних підйомників, складено рекомендації щодо безпеки під час використання підйомників. Незалежно від того, чи працюєте ви з двостійковим підйомником, чотиристійковим підйомником або мобільним колонковим підйомником, поверхневим чи наземним підйомником, потрібно зробити безпеку використання підйомника своєю звичкою та завжди дотримуватися правил.

Починайте кожну зміну з обходу підйомника та ознайомтеся зі своїм підйомником достатньо добре, щоб ви могли визначити, чи він показує ознаки необхідності обслуговування.

Виберіть правильний підйомник і аксесуари для роботи. Враховуйте номінальну вантажопідйомність підйомника, зазори та здатність досягати точок підйому, рекомендованих виробником автомобіля.

Пройдіть навчання оператора підйомника. Навчання правильному користуванню підйомником, яким ви користуєтеся, має вирішальне значення для безпечного підйому.

Підніміть правильно. Не починайте підйом, доки не визначите центр ваги автомобіля та рекомендовані OEM точки підйому.

Тримайте безпеку підйому спереду та по центру . Поради щодо безпеки після підйому , щоб уникнути самовдоводження.

Перш ніж використовувати будь-який автомобільний підйомник, приділіть кілька хвилин, щоб перевірити його, дотримуючись інструкцій у посібнику користувача. У стандарті ANSI/ALI ALOIM (поточне видання) для автомобільних підйомників «Вимоги безпеки до експлуатації, перевірки та технічного обслуговування» зазначено, що під час експлуатації підйомника оператор повинен залишатися уважним, щоб звернути увагу принаймні на таке:

Переконайтеся, що всі процедури експлуатації підйомника, поради з безпеки та матеріали з техніки безпеки доступні та читабельні.

Переконайтеся,що всі попереджувальні стикетки доступні та читабельні

Переконайтеся, що номінальна вантажопідйомність підйомника видно.

Перевірте, чи всі засоби керування підйомником працюють належним чином, включаючи системи синхронізації, обмежувачі та замикаючі пристрої.

Подивіться на деформацію або надмірний знос будь-яких структурних компонентів.

Перевірте наявність деформації або надмірного зносу неконструктивних компонентів, таких як шланги, дроти або приводні ланцюги.

Перевірте будь-які точки контакту підйомника на наявність пошкоджень або надмірного зносу.

Знайдіть ознаки гідравлічних або пневматичних витоків.

Подивіться на наявність тріщин або ослаблених анкерних болтів на першому поверсі (якщо є)

Сумнівні аксесуари, в тому числі професійного, магазинного або домашнього виробництва

Якщо ви виявите будь-які проблеми під час щоденного огляду або якщо ви помітили незвичайні шуми, раптові рухи, нестабільну роботу або ознаки сколів або пилків, що утворюються під час використання, негайно повідомте про ситуацію своєму керівнику. Не користуйтеся підйомником. Його слід заблокувати або позначити як неактивний, доки проблему не буде вирішено. Ніколи не намагайтеся полагодити або встановити підйомчик, який не працює належним чином. Викличте кваліфікований персонал з обслуговування підйомників.

Виберіть правильний підйомник і аксесуари для роботи

НУБіП України

Не кожен підйомник добре підходить для кожної роботи. Тому в більшості професійних гаражів встановлено більше одного типу підйомника. Перш ніж затягувати транспортний засіб у відсік, переконайтеся, що підйомник підходить для поточної роботи. Враховуйте номінальну вантажопідйомність підйомника, зазори та здатність досягати точок підйому, рекомендованих виробником автомобіля. Ніколи не перевантажуйте підйомник. Як і в будь-якому іншому проекті, підберіть відповідне обладнання до завдання.

Також важливо використовувати правильні аксесуари. Наприклад, для деяких двостійкових підйомників вам можуть знадобитися адаптери висоти, щоб дістатися до точок підйому на пікапах, або виробник може рекомендувати адаптери колодок для підйому однокузовних транспортних засобів. **Ніколи не виготовляйте власні адаптери** та не використовуйте замість них дерев'яні блоки. Це небезпечно та може призвести до втрати сертифікації вашого підйомника.

Підйомні адаптери, опції та аксесуари повинні бути виготовлені відповідно до стандарту ANSI/ALI ALCTV (поточне видання) для автомобільних підйомників « Вимоги безпеки до конструкції, тестування та перевірки » та сертифіковані або внесені до списку для використання на конкретному підйомникі. Усі предмети, сертифіковані для використання з кожним підйомником, включено до. ALI рекомендує використовувати лише адаптери, надані виробником вашого підйомника.

Пройдіть навчання з експлуатації підйомників

Ви, напевно, вже знаєте основи користування автопідйомником. Однак не всі підйомники однакові. Навчання тому, як правильно користуватися підйомником, має вирішальне значення для безпечного підйому. Переконайтеся, що ви пройшли навчання та ознайомилися з інструкціями виробника для підйомника, перш ніж використовувати його, особливо якщо ви використовуєте нову або іншу модель, ніж ви звикли. Перегляньте всі матеріали щодо безпеки підйомників, включаючи попереджувальні етикетки. Завжди дотримуйтесь

інструкцій виробника підйомника щодо експлуатації підйомника, включаючи будь-які засоби безпеки.

Навчання має грунтуватися на інструкціях і попереджувальних етикетках, наданих виробником підйомника, а також на публікаціях ALI Короткий довідковий посібник, Точки підйому транспортних засобів для підйомників, що з'єднуються з рамою , Правильний підйом , Поради з безпеки та ANSI/ALI ALOIM (поточне видання) Стандарт для автомобільних підйомників « Вимоги безпеки до експлуатації, перевірки та технічного обслуговування ». Навчання має бути задокументовано – підтвердження може знадобитися під час перевірок охорони здоров'я та безпеки чи страхування.

Переважна більшість причин, чому транспортні засоби падають з підйомників, полягає в тому, що техніки неправильно розраховують центр ваги , не виявляють транспортні засоби належним чином або не вміють заблокувати колеса .

Перш ніж підняти транспортний засіб, необхідно знати, де знаходиться його центр ваги. Якщо ви використовуєте підйомник із зачепленням із рамою, як-от двостійковий підйомник , або підйомник із зачепленням осі, як-от деякі заглиблені підйомники, вам також потрібно перевірити рекомендовані виробником транспортного засобу точки підйому. Це точки, визначені виробником обладнання автомобіля як відповідні місця для контакту підйомника з транспортним засобом.

Помітивши транспортний засіб на підйомникі, використовуйте будь-які пристрої, надані виробником підйомника, щоб допомогти правильно розташувати автомобіль, вантажівку чи фургон для підйому. Коли транспортний засіб займе місце, вимкніть його, зачиніть усі двері та переконайтеся, що в бухті нікого немає. Якщо ви використовуєте підйомник з приводом, переведіть автомобіль у режим паркування або ввімкніть передачу та поставте колодки в шини.

НУБіП України

Для підйомників із зачепленням рами та підйомників, таких як двостійкові підйомники, коли транспортний засіб буде належним чином помічений, піднімайте підйомник, поки адаптери чи інші опори просто торкнуться автомобіля. Зупиніться, щоб переконатися, що всі адаптери надійно контактують з рекомендованими точками підйому автомобіля. Потім знову підніміть автомобіль, доки шини не очистять підлогу. Помірно струсіть транспортний засіб, щоб підтвердити стабільність. Ще раз візуально перевірте всі точки підйому.

Коли транспортний засіб підтверджено, що він стійкий, підніміть його на потрібну робочу висоту, а потім опустіть вантаж на пристрій для утримання вантажу підйомника (також відомий як замок або клямка). Візуально перевірте точки контакту ще раз, щоб переконатися, що кожен адаптер надійно закріплений перед тим, як потрапити під автомобіль.

Щоразу, коли ви користуєтеся підйомником, залишайтеся біля елементів керування протягом усього процесу підйому та опускання. Ніколи не блокуйте, не змінюйте та не вимикайте елементи керування, функції чи пристрої безпеки. Те, що може заощадити вам кілька секунд, може стати причиною серйозної аварії. Пам’ятайте, що від цього залежить ваша безпека.

Ексклюзивний навчальний онлайн-курс ALI Lifting It Right пояснює, як правильно підняти транспортний засіб, не спричиняючи травм або пошкодження майна. Він надає більше деталей про виявлення та підняття автомобіля. Він також охоплює додаткові теми, як-от підготовка відсіку для обслуговування, підтримка стійкості вантажу, опускання підйомника та технічне обслуговування підйомника.

Щоб уникнути самовдоволення щодо безпеки підйомників, опублікуйте список загальних порад щодо безпеки, де вони будуть постійним нагадуванням для всіх операторів підйомників. ALI нещодавно розширив і оновив свою популярну Картку з порадами щодо безпеки автомобільних підйомників і

створив новий плакат з порадами з безпеки , щоб зробити техніків ще простішими для інформування про безпеку підйомників.

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Впровадження засобів механізації на універсальних постах поточного ремонту в умовах автотранспортного підприємства дозволяє знизити трудомісткість робіт в 2-3 рази і відповідно зменшити простої рухомого складу в поточному ремонті і збільшити коефіцієнт випуску рухомого складу на лінію.

Розрахунок економічної ефективності з використанням засобів механізації будемо розглядати на прикладі впровадження двостійкового підйомника на тупиковому посту поточного ремонту. Використання двостійкового підйомника дозволяє виконувати знімання і встановлення коробки передач, ресор, редуктора заднього моста та інші розбирально-складальні роботи.

Трудомісткість виконання постових робіт з ремонту автобусів і значення коефіцієнта випуску автобусів на лінію вибираються з розділу 2 цього дипломного проекту.

Річна трудомісткість до і після впровадження підйомника відрізняються. Отже, можна зробити висновок про те, що при впровадженні підйомника річна трудомісткість зменшилась на 64 відсотки. Річний економічний ефект визначається за відповідними статтями експлуатаційних витрат.

Визначаємо річний фонд заробітної плати ремонтних робітників за формулою:

$$ЗП_{м.} = t_р \cdot Д_р \cdot ЗП_{тм} \cdot Т^р_{м.} \cdot К_п \cdot 0{,}01, \qquad (6.1)$$

де $ЗП_{тм}$ – годинна тарифна ставка ремонтного робітника 5-го розряду, грн.;

$К_п$ – коефіцієнт, який враховує премію, додаткову заробітну плату і виплати до соціальних фондів ($К_п$ = 1,5).

Річний фонд заробітної плати до впровадження підйомника:

$$ЗП_{м.} = 5 \cdot 1497 \cdot 10 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}01 = 112282 \text{ грн.}$$

Річний фонд заробітної плати після впровадження підйомника:

$$ЗП_{мт} = 5 \cdot 958{,}184 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}01 = 718{,}63 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування і ремонт технологічного обладнання визначаються в межах 10 відсотків від вартості підйомника:

$$В_{ю} = К_{ОБЛ} \cdot 0{,}1, \qquad (6.2)$$

де $К_{ОБЛ}$ – вартість підйомника, грн.

$$В_{ю} = 24350 \cdot 0{,}10 = 2435 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$В_{ЕЛ} = Р_{ел.дв} \cdot Д_{р} \cdot t_{р} \cdot К_{зав} \cdot В_{кл}, \qquad (6.3)$$

де $Р_{ел.дв}$ – потужність приводу, кВт, $Р_{ел.дв} = 0{,}8$ кВт;

$Д_{р}$ – кількість робочих днів зони ПР на рік, $Д_{р} = 256$ днів;

$t_{р}$ – тривалість роботи зони ПР, $t_{р} = 8$ год;

$К_{зав}$ – коефіцієнт завантаження електропривода, $К_{зав} = 0{,}25$;

$В_{кл}$ – вартість 1 кВт·год, грн., $В_{кл} = 0{,}35$ грн.

Отже, витрати на електроенергію будуть складати:

$$В_{ЕЛ} = 0{,}8 \cdot 256 \cdot 8 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}35 = 143{,}36 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування становлять 12 відсотків від вартості підйомника:

$$В_{АМ} = 24350 \cdot 0{,}12 = 2922 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати після впровадження підйомника будуть становити:

$$Е_{в} = 6218{,}99 \text{ грн.}$$

Для порівняння економії експлуатаційних витрат результати розрахунків зведемо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1

Річні експлуатаційні витрати

Показники	До впровадження	Після впровадження
Річна трудомісткість робіт, люд.-год	14971,0	9581,47
Річний фонд заробітної плати ремонтних робітників	1122,82	718,63
Витрати на технічне обслуговування і ремонт підйомника, грн.	–	2435
Витрати на електроенергію, грн.	–	143,36
Амортизаційні відрахування, грн.	–	2922
Разом експлуатаційних витрат, грн.	1122,82	6218,99

Як видно з таблиці 6.1 після впровадження підйомника експлуатаційні витрати зросли. Причиною збільшення цих витрат є те, що з'явились додаткові витрати, а саме: витрати на технічне обслуговування і ремонт, витрати на електроенергію і амортизаційні відрахування.

Визначимо можливий додатковий прибуток від збільшення автомобіле-годин роботи автобусів на лінії.

Для цього визначимо можливе збільшення автомобіле-годин роботи на лінії за формулою:

$$\Delta АГ_{пор} = АГ_{пр}^{до\,впр} - АГ_{пр}^{до\,впр} \cdot K_{мв}, \qquad (6.4)$$

де $АГ_{пр}^{до\,впр}$ – автомобіле-години простою в поточному ремонті до впровадження підйомника, год;

$K_{мв}$ – коефіцієнт, який враховує можливе використання на лінії відремонтованих автобусів.

За формулою (6.4) можливе збільшення автомобіле-годин роботи становитиме:

$$\Delta АГ_{пор} = (14971 - 14971 \cdot 0,6 = 5389,16 \text{ год.}$$

НУБіП України

Додатковий прибуток від збільшення автомобіле-годин роботи на лінії визначається за формулою:

$$П_д = \Delta АГ_{пер} \cdot П_{оч}, \quad (6.5)$$

де $П_{оч}$ – очікуваний прибуток на одну автомобіле-годину роботи автобуса, грн.

Тоді додатковий прибуток становитиме:

$$П_д = 5389{,}16 \cdot 3{,}5 = 18862{,}06 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення, приведені до експлуатаційних витрат через коефіцієнт ефективності 0,12 становитимуть:

$$К_в = К_{обл} \cdot 0{,}12. \quad (6.6)$$

$$К_в = 24350 \cdot 0{,}12 = 2922 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$Е_ф = П_д - Е^р_{ев} - К_в. \quad (6.7)$$

$$Е_ф = 18862{,}6 - 6218{,}99 - 2922 = 9721{,}61 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності впровадження підйомника за формулою:

$$Т_{ок} = \frac{К_{обл}}{Е_ф} \quad (6.8)$$

де $К_{обл}$ – витрати на купівлю і монтаж обладнання, грн.

Тоді термін окупності становитиме:

$$Т_{ок} = \frac{24350}{9721{,}61} = 2{,}5 \text{ роки.}$$

Отже, з вищевиконаних розрахунків видно, що впровадження в зоні поточного ремонту двостойкового підйомника виправдане.

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

НУБіП України

ВИСНОВКИ

У ході роботи надкваліфікаційною магістерською роботою було проведено грунтовний огляд існуючих конструкцій автомобільних підйомників, на основі якого розроблено конструкцію балансирного підйомника для вивішування автомобіля. Цей підйомник рекомендовано використовувати у шиномонтажному цеху автотранспортного підприємства.

Тип і конструкція підйомника були обрані в результаті аналізу існуючих конструкцій підйомного обладнання, як механізованого з електричним і гідравлічним приводом, так і з використанням ручної праці.

Як прототип була використана оригінальна конструкція підйомника, в якому вивішування автомобіля відбувається за рахунок його власної ваги. Єдиним умовою є справність автомобіля, тобто. його здатність самостійно пересуватися.

Для поліпшення та доопрацювання конструкції був проведений патентний пошук, в результаті якого в конструкцію існуючого прототипу введено рухомий вантаж, який дозволив відмовитися від використання будь-яких джерел енергії для обслуговування роботи підйомника. Конкретно, відпала необхідність застосування пневматичного пристрою для опускання підйомника у вихідне положення. Зараз ця операція здійснюється за рахунок усунення сумарного центру ваги платформи підйомника та рухомого вантажу.

Конструкція підйомника не має складних вузлів і механізмів, тому може бути виготовлений в будь-якому автотранспортному підприємстві.

Розміри деталей підйомника обґрунтовані проектними та перевірочними розрахунками.

При проектуванні деякими даними за розмірами та геометричними параметрами автомобіля задавалися самостійно.

Крім того, в магістерській роботі проведений динамічний аналіз двостійкового підйомника з електромеханічним приводом. Для проведення

динамічного аналізу підйомника розроблено його динамічну модель, на основі якої побудовано математичну модель у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Розв'язок математичної моделі здійснено за допомогою комп'ютерної програми. Проведений аналіз показав наявність значних динамічних навантажень в елементах приводного механізму, які діють на автомобіль, що піднімається. Особливо небезпечними є навантаження коливального характеру в процесі пуску.

Для мінімізації коливань та навантажень здійснено оптимізацію режиму пуску підйомника з електромеханічним приводом. Тут за критерій оптимізації обрано середньоквадратичне за час пуску значення рушійного зусилля. В результаті проведеної оптимізації режиму пуску вдалось до мінімуму звести дію динамічних навантажень та усунути коливання.

В магістерській роботі також розроблені заходи з охорони праці при роботі з автомобільними підйомниками та проведені економічні розрахунки доцільності розробки нової конструкції підйомника.

НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України
НУБіП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гідравліка і гідроприводи. В.П. Сидоренко, О.М. Яхно. Київ 2008р – 108с.
2. Теорія механізмів і машин. Навчальний посібник. Частина 1. В. Яременко, О. Черниш, М. Березовий. 2018.
3. Обладнання автоматизованого виробництва. Бочков В. М., Сілін Р. І.Львівська політехніка. 2015. – 404с.
4. Електрообладнання промислових підприємств. Мазепа С.С., Марущак Я.Ю., Куцик А.С. Магнолія. 2019. – 260с.
5. Бабічев В.В., Сорокін Г.Ф. Охорона праці та техніка безпеки. Київ: Дніпро, 1996. 224 с.
6. Жигулін О. А. Конкурентоспроможність системи управління охороною праці в аграрній сфері України: навчальний посібник. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2015. 164 с.
7. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основы охраны труда. Львов : Афіша, 2000. 351 с.
8. Савєнков В. М., Тимохіна В. Ю., Тимохін Ю. В. Підйомно-транспортні машини: Конспект лекцій для студентів механічних спеціальностей. Донецьк, 2013. 78 с.
9. В. Малишев, В. Поступаленко, Валерій Косенко, О. Богдан, Сергій Кадомський. Матеріалознавство та в автомобільному транспорті. Лабораторний практикум. К., 2019
10. Пилипенко В. І. Аналіз конструктивної особливості автомобілів високоефективної прохідності. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 5/2007 (46). Частина 1. С. 72-75.
11. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемнотранспортных машин / А. В. Кузьмин, Ф. А. Марон. – Минск: Вышэйшая шк., 1983. – 350 с. 24. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве. Атлас конструкций / под. ред. В.Ф. Дубинына; - 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1990. – 152с.

12. Атлас конструкцій підйомно-транспортних машин / В. О. Білостоцький, Д. І. Мазоренко, Л. М. Тіщенко та ін. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Ч. І. Крани і кранові механізми. – 2008. – 100 с. - Ч. ІІ. Транспортуючі машини. – 2009. – 98 с.

13. Любін М. В. Механізація транспортуючих та вантажопідіймальних робіт. Ч. І. / за ред. П. С. Бердника, М. В. Любін, П. С. Берник. – Київ□Вінниця : Урожай, 1996. □191 с.

14. Ansi/ali Aloim: 2020: Standard for Automotive Lifts - Safety Requirements for Operation, Inspection and Maintenance. (2021). (n.p.): Automotive Lift Institute.

15. Stanton, N., Landry, S., Di Bucchianico, G., Vallicelli, A. (2021). Advances in Human Aspects of Transportation: Part III. Сполучені Штати Америки: Independent Publisher.

16. ANSI/ALI ALCTV: 2017: Standard for Automotive Lifts - Safety Requirements for Construction, Testing, and Validation. (2017). (n.p.): Automotive Lift Institute.

17. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. Київ : Вища шк., 2007. 527 с.

18. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів : навч. посібн. / Р.Д. Кузьмінський, А.О. Шарибура. Львів : Сполом, 2017. 376 с.

19.

НУБіП України

НУБіП України

ДОДАТКИ