

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “ **Підвищення ефективності проведення технічного
обслуговування автомобілів завдяки використанню
удосконаленої конструкції гідравлічного вантажопідійомника** ”

23сп

Виконала: студентка IV курсу групи Ат-

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Марта ХОМИН

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

УДК 631.113:006

РЕФЕРАТ

Хомин М. Підвищення ефективності проведення технічного обслуговування автомобілів завдяки використанню удосконаленої конструкції гідравлічного вантажопідійомника: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 56 с.

Табл. 4; рис. 30; бібліогр. джерел 20.

У першому розділі проаналізували види 4х типів гідравлічних вантажопідійомників, обґрунтували вибір ножичного підійомника.

У другому розділі розрахували параметри двошарнірного ножичного механізму навантажувача. провели порівняльний розрахунок трьох конструктивних схем розташування гідроциліндра в підійомнику, описали переваги та недоліки. За результатами розрахунків паралельне розташування гідроциліндра має найкращі характеристики.

У третьому розділі проводиться удосконалення конструкції ножичного вантажопідійомника, обґрунтували вибір сторони розташування гідроциліндру, описується проблема встановлення.

В роботі розглянуті питання охорони праці, наведені у четвертому розділі.

В п'ятому розділі проведено економічне обґрунтування роботи, яке визначає загальні витрати на удосконалення ножичного підійомника та визначені терміни окупності .

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖОПІДЙОМНИКІВ	9
1.1 Основні види підйомників	9
1.2 Аналіз переваг і недоліків різних видів підйомників.....	15
1.3 Обґрунтування вибору типу підйомника і його модернізації.....	17
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ НОЖИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА ВИБІР ПОЛОЖЕННЯ ГІДРОЦИЛІНДРА	19
2.1 Аналіз видів структурних форм платформи зсувного ножичного підйомника.....	19
2.2 Розрахунок параметрів розташування двох шарнірних зсувних ножичних механізмів платформи навантажувача.....	21
2.3 Розрахунок параметрів двошарнірного ножичного механізму навантажувача.....	23
2.4 Особливості проектування механізму ножичного підйомника.....	24
2.5 Порівняльний розрахунок підйомників	25
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЙОМНИКА	29
3.1. Порівняння схем розташуванням гідравлічних циліндрів.....	29
3.2. Аналіз та порівняння двох схем розташування	30
3.3. Приклад порівняльного розрахунку	33
3.4 Проектування і розрахунок станини і ножичного штока	37
3.5 Визначення матеріалу та розміру конструкції важеля	39

3.6.	Вибір	режиму	керування	
.....				43
4	ОХОРОНА ПРАЦІ			45
4.1	Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації обладнання			45
4.2	Планування заходів з покращення охорони праці			48
4.3	Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації обладнання			49
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			52
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ			53
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			55

ВСТУП

В сучасному світі, де перевезення товарів та вантажів мають вирішальне значення для ефективного функціонування господарства, автомобільні вантажопідійомники є невід'ємною частиною логістичних операцій. Вони використовуються на різних типах сервісних станцій та автомобільних сто.

Існує кілька видів автомобільних вантажопідійомників, серед яких можна виділити основні, що найчастіше зустрічаються на станціях обслуговування автомобілів:

Ножичний підійомник: це універсальний вантажопідійомник, який використовується для підйому автомобілів з використанням вилок. Він забезпечує безпечне підняття транспортного засобу і дозволяє доступ до його підвіски та інших компонентів для виконання обслуговування або ремонту.

Гідропідійомник: цей тип вантажопідійомника використовує гідравлічну систему для підйому автомобілів. Він зручний у використанні та може піднімати транспортні засоби на висоту, потрібну для зручного доступу до підвіски та інших частин автомобіля. Гідропідійомники часто використовуються на автомобільних станціях обслуговування для здійснення ремонтних робіт, заміни коліс, а також для загального обслуговування автомобілів.

Ось основні переваги гідравлічної системи вантажопідійомників:

- **Велика сила підйому:** Гідравлічна система здатна генерувати велику силу підйому за допомогою стисненого рідинного середовища, що дозволяє піднімати важкі вантажі.
- **Плавний рух:** Гідравлічна система забезпечує плавний рух під час підйому та опускання вантажу
- **Точність контролю:** Гідравлічні системи дозволяють точно керувати підйомом вантажу, що є важливим у вимогливих робочих умовах. Оператор може точно налаштувати підйом до певної висоти або позиції.

- **Висока надійність:** Гідравлічні системи зазвичай мають менше механічних частин, ніж механічні системи підйому. Це знижує ймовірність поломок та зносу, забезпечуючи високу надійність і довгий термін служби.

- **Гнучкість та маневреність:** Гідравлічні системи можуть бути розташовані в різних місцях, що дає більшу гнучкість у плануванні та використанні простору.

Серед вантажопідійомників з гідравлічним приводом неодмінно варто звернути увагу на ножичні підійомники, нижче наведені їхні основні переваги:

- **Компактність:** Ножичні вантажопідійомники мають компактну конструкцію, що дозволяє їх використовувати в умовах обмеженого простору. Великою перевагою можливість прихованого монтажу.

- **Висока стабільність:** Дані вантажопідійомники мають широку базу ніжок, що забезпечує високу стабільність під час підйому та опускання вантажу.

- **Висота підйому:** Ножичні вантажопідійомники можуть досягати високих висот підйому, що дозволяє здійснювати роботи на великій висоті. Вони часто використовуються для обслуговування та ремонту високих будівель або споруд.

- **Плавний рух:** Гідравлічний привід забезпечує плавний рух ножичного механізму під час підйому та опускання. Це важливо для забезпечення безпеки вантажу та оператора під час роботи.

- **Безшумність:** Гідравлічні системи ножичних вантажопідійомників зазвичай працюють досить тихо, що є важливим фактором у місцях, де вимагається низький рівень шуму, таких як офісні приміщення чи торгові центри.

Отже, удосконалення саме ножичного вантажопідійомника з гідравлічним приводом є найоптимальнішим рішенням для СТО з урахуванням його практичних та економічних переваг.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖОПІДЙОМНИКІВ

1.1 Основні види підйомників

Існує велика кількість різновидів гідравлічних вантажопідйомників, які використовуються в різних галузях промисловості та логістики. Вони можуть бути стаціонарними або мобільними, з різними характеристиками та функціоналом. Гідравлічні вантажопідйомники дозволяють піднімати та переміщати великі вантажі з високою точністю та безпекою.

Стійкові підйомники (рис. 1.1) - це один з найпоширеніших типів гідравлічних підйомників, які використовуються в автомобільній промисловості. Вони складаються з пари стовпів, які зазвичай закріплені на підлозі гаражу або сервісного центру, і мають гідравлічні циліндри, які піднімають платформи.



Рисунок 1.1 – Стійковий підйомник

Гідравлічні циліндри приводяться в дію за допомогою насосу, який підвищує тиск робочої рідини в циліндрі. Підвищення тиску робочої рідини приводить до підняття платформи.

Конструкція стійкового підйомника має наступні основні елементи:

- Гідравлічний насос - цей елемент надає потрібний тиск для піднімання автомобіля. Насос може мати різні типи приводів, такі як електричний, пневматичний або гідравлічний.

- Гідравлічні циліндри - ці елементи знаходяться в стовпах підйомника і піднімають платформу за допомогою гідравлічного тиску. Вони зазвичай мають внутрішні трубки, які дозволяють гідравлічній рідині пересуватися вгору і вниз.

- Платформа - цей елемент призначений для підтримки автомобіля під час підняття. Вона може мати різні розміри і форми в залежності від типу автомобіля, який буде підніматися.

- Замки безпеки - ці елементи призначені для утримання платформи в піднятому положенні, щоб забезпечити безпеку під час роботи з автомобілем.

- Керуюча консоль - цей елемент дозволяє керувати підйомником і зупиняти його в потрібному положенні.

Гідравлічний шиномонтажний підйомник (рис. 1.2) - це спеціальний пристрій, що використовує гідравлічний принцип для підйому автомобілів з метою заміни або ремонту шин. Цей тип підйомника дозволяє підняти автомобіль на висоту, яка забезпечує доступ до колісного гнізда для виконання робіт зі зняття або установки колеса.



Рисунок 1.2 –Гідравлічний шиномонтажний підйомник.

Гідравлічні шиномонтажні підйомники можуть мати різні характеристики та специфікації, такі як максимальне навантаження, висота підйому, розміри платформи та інші функціональні особливості. Це дозволяє використовувати їх для різних типів автомобілів, включаючи легкові автомобілі, вантажні автомобілі, позашляховики та інші транспортні засоби.

Гідравлічний шиномонтажний підйомник складається з кількох основних компонентів, які взаємодіють між собою для забезпечення підйому та підтримки автомобіля.

Основні елементи шиномонтажного підйомника:

- Платформа: Це плоска поверхня, на яку автомобіль розміщується для підйому. Платформа зазвичай має спеціальні пази або вирізи для кріплення автомобільних коліс.

- Гідравлічні циліндри: Циліндри використовуються для створення гідравлічного тиску, що піднімає платформу. Вони розміщені під платформою і з'єднані з гідравлічною системою.

- Гідравлічна система: Це система, яка постачає гідравлічну рідину під тиском до гідравлічних циліндрів. Вона складається з гідронасоса, резервуара для рідини, гідравлічних трубок та клапанів, що керують рухом рідини.

- Керування: Гідравлічний шиномонтажний підйомник може мати різні механізми керування, такі як ручні насоси, педалі або електронні пультів. Ці механізми керування дозволяють оператору піднімати і опускати платформу зручним способом.

- Блокування: Щоб забезпечити безпеку під час підйому автомобіля, гідравлічні шиномонтажні підйомники можуть мати блокувальні механізми або стійки, які фіксують платформу у високому положенні. Це запобігає небажаному опусканню під час роботи з автомобілем.

Ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити безпечний та ефективний підйом

Гідравлічний підкатний кран-знімач двигуна (рис. 1.3) є важливим пристроєм в автомобільній індустрії, який використовує гідравлічний принцип дії для зняття двигуна з автомобіля. Він дозволяє зручно та ефективно виконувати процес видалення та установки двигуна без необхідності важкого фізичного зусилля.



Рисунок 1.3 – Підкатний кран-знімач двигуна.

Принцип дії гідравлічного підкатного крана-знімача двигуна базується на використанні гідравлічної системи, яка створює потужність і переміщує кран по горизонтальній площині. Кран складається з основи з колесами, на якій розміщений вантажопідйомний механізм. Вантажопідйомний механізм містить гідравлічні циліндри, які відповідають за підйом та опускання стріли, яка утримує і переміщує двигун.

Гідравлічний підкатний кран-знімач двигуна складається з кількох основних компонентів, які спільно працюють для ефективного підйому та переміщення двигуна. Конструкція підйомника включає в себе:

- Основу:** Це жорстка металева конструкція з колесами, яка забезпечує мобільність крана. Основа може мати певну конфігурацію для стабільності та зручного переміщення по робочій зоні.

- Вантажопідйомний механізм:** Це головна частина крана, яка відповідає за підйом та опускання двигуна. Він включає гідравлічні циліндри, які контролюють підйомну стрілу. Циліндри можуть мати певну довжину та розміщення відповідно до вимог підйому вантажу.

- Гідравлічну систему:** Це система, що постачає гідравлічний тиск для руху циліндрів. Вона складається з насоса, гідравлічних шлангів, клапанів та

резервуару масла. Насос створює тиск, який перекачується через шланги до циліндрів, що забезпечує підйом та опускання стріли.

- Стрілу: Це довга горизонтальна балка або рейка, на якій знаходиться спеціальне кріплення для підйому двигуна. Вона може мати механізм регулювання висоти, що дозволяє підібрати оптимальну висоту для зняття або установки двигуна.

- Контрольну панель: Це місце керування гідравлічним краном, де знаходяться ручки або кнопки для керування підйомними операціями.

- Механізм блокування: Це важлива безпекова функція, яка забезпечує стійкість та утримання піднятого двигуна на потрібній висоті. Механізм блокування може включати страхувальні ланцюги, ремені або інші засоби фіксації, щоб уникнути небажаного опускання під час робіт.

- Колеса: Гідравлічний підкатний кран-знімач двигуна зазвичай має колеса або ролики, що дозволяють легко переміщати кран по робочій зоні. Колеса можуть бути обладнані гальмівними системами для стабілізації та фіксації крана під час роботи.

- Захисні пристрої: Для безпеки оператора та оточуючих, гідравлічний підкатний кран-знімач двигуна може мати різні захисні пристрої, такі як бар'єри, щитки або огороження. Ці пристрої допомагають уникнути потенційних травм та забезпечують безпечну робочу зону.

Застосування гідравлічного підкатного крана-знімача двигуна широке і охоплює різні галузі транспорту. В автомобільній ремонтній індустрії, цей кран використовується для видалення та установки двигуна з автомобілів. Він дозволяє механікам проводити ремонтні роботи та заміну деталей двигуна з великою точністю та безпекою.

Узагалі, гідравлічний підкатний кран-знімач двигуна є незамінним інструментом в галузі транспорту та автомобільного сервісу. Він забезпечує безпечне та ефективне видалення та установку двигуна, що є важливим етапом при проведенні ремонтних та обслуговувальних робіт на автомобілях.

Ножичний вантажопідійомник - це пристрій, який забезпечує вертикальний підйом вантажу з використанням пари паралельно рухаючихся металевих ножиць(мез).



Рисунок 1.4 –. Ножичний вантажопідійомник

Ножичні вантажопідійомники є незамінними пристроями в галузі транспорту та логістики. З їх допомогою забезпечується ефективний та безпечний підйом вантажів на потрібну висоту. Розуміння будови та особливостей ножничних вантажопідійомників дозволяє експертам в галузі транспорту вибрати правильну модель вантажопідійомника залежно від конкретних потреб та умов роботи.

У будові ножичного вантажопідійомника відіграють ключову роль такі компоненти:

- Металеві ножиці: складаються з кількох з'єднаних між собою секцій, що забезпечують підйомний механізм. Коли ножиці розкриваються, вантаж піднімається, а при складанні ножиці опускають його.

- Гідравлічна система: включає насос, циліндр і розподільник гідравліки. Гідравлічна система забезпечує контрольований підйом та спуск ножиць, що дозволяє точно регулювати висоту підняття вантажу.

- Платформа: рухома площина, на якій розміщується вантаж. Платформа має стабільну конструкцію та може мати різні розміри та вантажопідійомність в залежності від моделі вантажопідійомника.

Дослідження показує, що ножичні вантажопідійомники є надійними та стійкими пристроями, здатними забезпечити безпечний підйом вантажів на

висоту. Їх компактність і маневреність роблять їх ідеальними для використання в обмежених просторах, наприклад, в складах або виробничих приміщеннях. Крім того, низький рівень шуму та екологічність роботи говорять про економічні переваги використання ножничних вантажопідійомників.

Незважаючи на це, важливо враховувати обмежену мобільність та висоту підйому ножничних вантажопідійомників, які можуть обмежувати їх застосування в окремих ситуаціях. Також варто звернути увагу на потребу в рівномірному підлозі для забезпечення безпеки та ефективності роботи.

1.2 Аналіз переваг і недоліків різних видів підійомників

До переваг стійкових підійомників можна віднести можливість піднімати автомобілі різних розмірів і форм, вони можуть бути встановлені як внутрішньо, так і зовні приміщення, і вони можуть бути легко переміщені з одного місця на інше.

Однак у стійкових підійомників є й деякі недоліки, які потрібно враховувати. Один з найбільших недоліків полягає в тому, що вони вимагають відносно плоскої поверхні для правильного функціонування. Якщо поверхня нерівна, під час підняття автомобіля можуть виникнути проблеми з рівномірним розподілом ваги, що може призвести до пошкодження автомобіля.

Один з головних переваг гідравлічного шиномонтажного підійомника полягає у його здатності піднімати важкі автомобілі з великим навантаженням на висоту. Також він забезпечує стабільність та безпеку під час виконання робіт, оскільки платформа забезпечує надійну підтримку автомобіля під час робіт зі заміною шин.

Коли автомобіль піднятий за допомогою гідравлічного шиномонтажного підійомника, механіки мають доступ до колісного гнізда, що дозволяє їм ефективно виконувати ремонтні роботи. Наприклад, заміна шин відбувається

шляхом відкручування гайок колеса, зняття старої шини, установки нової шини та закручування гайок колеса з необхідною силою.

Гідравлічний підкатний кран-знімач двигуна має переваги перед іншими методами зняття двигуна, оскільки використовує гідравлічну силу, що дозволяє забезпечити контрольоване та стабільне підйомання двигуна. Крім того, він має компактну конструкцію, що дозволяє зручно маневрувати в обмежених просторах автосервісах, складах або гаражах. Багато гідравлічних підкатних кранів-знімачів двигуна мають регульовану висоту та ширину, що дозволяє їх використання для різних типів автомобілів.

Переваги ножичного вантажопідйомника:

- Висока точність підйому: ножичний механізм забезпечує стабільне та плавне піднімання вантажу на потрібну висоту з високою точністю.

- Велика вантажопідйомність: ножичні вантажопідйомники мають велику потужність та здатні піднімати важкі вантажі на значні висоти.

- Універсальність: вони використовуються в різних галузях, таких як будівництво, складське господарство та логістика, оскільки можуть піднімати різноманітні вантажі, включаючи палети, обладнання та матеріали.

- Маневреність: ножичні вантажопідйомники мають компактну конструкцію, що дозволяє їм працювати в обмежених просторах і зручно маневрувати вузькими коридорами або уздовж стелажів.

Незважаючи на переваги, ножичні вантажопідйомники також мають деякі недоліки:

- Обмежена мобільність: вони зазвичай призначені для роботи на рівних поверхнях та використання на відкритому просторі. У разі необхідності роботи на нерівному ґрунті або у вузьких приміщеннях можуть виникнути обмеження.

- Обмежена висота підйому: порівняно з іншими типами вантажопідйомників, ножичні вантажопідйомники мають обмежену максимальну висоту підйому, що може бути несуттєвим недоліком для деяких вимог і завдань.

•Вимога до рівномірного підлогового покриття: для оптимальної роботи ножничних вантажопідійомників потрібне рівномірне та міцне підлогове покриття. Наявність ям чи нерівностей може обмежити їх функціональність.

1.3 Обґрунтування вибору типу підійомника і його модернізації

Обґрунтування вибору типу підійомника і його модернізації проведемо згідно таблиці 1.1. Враховуючи те, що різні вантажопідійомники призначені для різних видів робіт не доцільно брати якусь одну порівняльну характеристику. В таблиці наведені різні види моделей підійомників вантажопідійомністю від 2000кг до 3500кг для ознайомлення за їх основними критеріями вибору.

Таблиця 1.1 – Характеристики моделей вантажопідійомників

Вид і модель підійомника	Вантажопідійомність, кг	Швидкість підйому/опускання, с	Максимальна висота підйому, мм	Ціна, грн
Стійковий підійомник ОМА 518	3200	45/45	1935	231840
Шиномонтажний підійомник РЕАК LR 06	2800	30/30	600	73600
Кран-знімач двигуна Profline 97110ES	2000		2050	10300
Ножичний підійомник Well Kraft 6535	3500	55/45	2030	96425

Доцільно удосконалювати саме ножичний гідравлічний вантажопідійомник через його специфічні переваги та невелику популярність. В порівнянні з іншими типами вантажопідійомників, ножичний підійомник має стійку конструкцію, забезпечує високу стабільність під час підйому, має високу вантажопідійомність. Крім того, він має компактні розміри, це робить його ідеальним для роботи в обмежених просторах, що часто зустрічається на СТО. Ножичний підійомник має достатню висоту підйому для більшості завдань обслуговування автомобілів. Серед цих численних переваг йому бракує лише швидкості. Саме тому ножичний гідравлічний підійомник є найкращим вибором для удосконалення його конструкції

Метою роботи є – удосконалення конструкції вантажопідійомника для підвищення ефективності проведення технічного обслуговування автомобілів

Об'єкт дослідження – технічні характеристики автомобільних вантажопідійомників

Предмет дослідження – конструкції гідравлічного ножичного типу вантажопідійомника.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. провести аналіз і порівняння різних видів підійомників,
2. на основі аналізів визначити доцільний тип підійомника,
3. провести практичні розрахунки,
4. провести економічну оцінку роботи,
5. зробити висновки по роботі.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ НОЖИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА ВИБІР ПОЛОЖЕННЯ ГІДРОЦИЛІНДРА

Мета вибору положення гідроциліндра в цьому розділі базується на аналізі характеристик механізму платформи гідравлічного ножичного вантажопідійомника, в цьому дослідженні здійснюється аналіз проблем, на які потрібно звернути увагу під час проектування та в процесі експлуатації.

2.1 Аналіз видів структурних форм платформи зсувного ножичного підійомника

Гідравлічна платформа для зсувних навантажувачів проста у виготовленні, дешева, міцна і довговічна, проста в обслуговуванні. У авіації, транспорті, логістиці, металургії, автомобілебудуванні та інших галузях промисловості вона широко використовується. Ця конструкція в основному орієнтована на невелику гідравлічну підйомну платформу.

Розглянемо три типи конструктивних схем гідравлічної конструкції і процесі динамічного зсуву ножичного вантажопідійомника (рис.2.1).

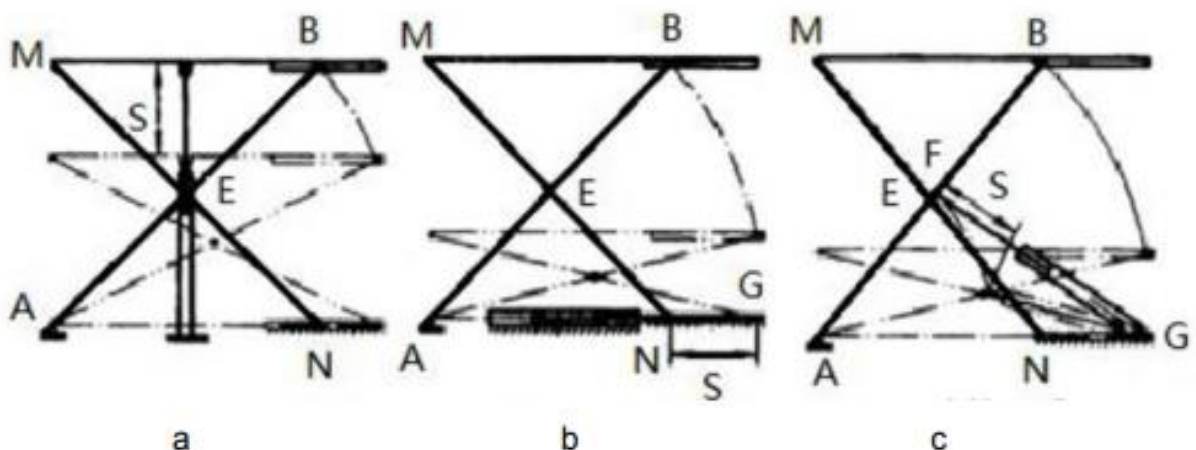


Рисунок 2.1 – три типи конструктивних схем ножичних підійомників: а - вертикальні фіксовані ножиці; б - горизонтальні фіксовані ножиці; с – паралельні шарнірні ножиці.

У гідравлічному ножичному підйомнику показано платформу трьох видів конструктивних схем.

Дві штанги однакової довжини АВ і MN шарнірно з'єднані посередині в точці Е двох штанг, а два кінці М, А відповідно шарнірно закріплені на пластині і рамі, два інші кінці В і N закінчуються відповідно двома шарнірно закріпленими роликами, які котяться по планшеті в направляючій пазовій стійці.

Різниця між трьома видами конструктивних схем на малюнку це різне положення установки гідравлічного циліндра.

На рисунку 2.1 (а) нижня частина приводного гідроциліндра закріплена на рамі, верхнє кріплення поршневого штока, контактує з шаровою опорою. Вертикальні підйоми приводяться в дію за допомогою гідроциліндра.

На рисунку 2.1 (б) горизонтальний шток гідроциліндра і опорна штанга MN шарнірно з'єднані в точці N. Поршневий шток, що приводиться в дію гідроциліндром, керує платформою для вертикального підйому.

На рисунку 2.1 (с) корпус гідроциліндра з хвостовиком і рамою шарнірно з'єднані в точці G, шток поршня головка і опорна штанга АВ шарнірно з'єднані в точці F. Гідроциліндр, який приводить в дію шток поршня, може керувати платформою до підйому.

Відповідно до типу положення установки гідроциліндра, зображеної на рисунку (а) у вигляді вертикально фіксованих ножиць, рисунок (б) у вигляді горизонтально фіксованих ножиць, рисунок (с) у вигляді паралельно фіксованої ножичної конструкції.

Вертикально фіксована ножична конструкція, в якій хід гідроциліндра дорівнює ходу підйомної платформи, загальна конструкція має великі розміри, а сферична обробка шарнірів навантаження, сприяє меншим перспективам у практичному застосуванні.

Горизонтально фіксований ножичний механізм, завдяки аналізу та розрахунку хід підйому платформи є більшим, ніж хід гідроциліндра, за рахунок чого можна досягти швидшого управління в процесі застосування.

Недоліком є те, що робота поршневого штока під впливом поперечної сили вплине на термін служби ущільнень. І поршневий шток на навантажувальній платформі сили навантаження більший, ніж є насправді. Так що це практично і не часто використовується.

Паралельна конструкція ножичного механізму дозволяє нам уникнути вищезазначених недоліків. Конструкція є надійною, платформа переміщення по лінії руху може забезпечити подовження ходу гідравлічного циліндра у більш ніж два рази. Тому він поступово набув широкого застосування в інженерній практиці. Ця конструкція є ключовою в аналізі структури подвійних шарнірних ножиць у цій роботі.

2.2 Розрахунок параметрів розташування двох шарнірних зсувних ножичних механізмів платформи навантажувача.

Для того, щоб описати розрахунки, які показано на рисунку 2.2, робимо наступним чином.

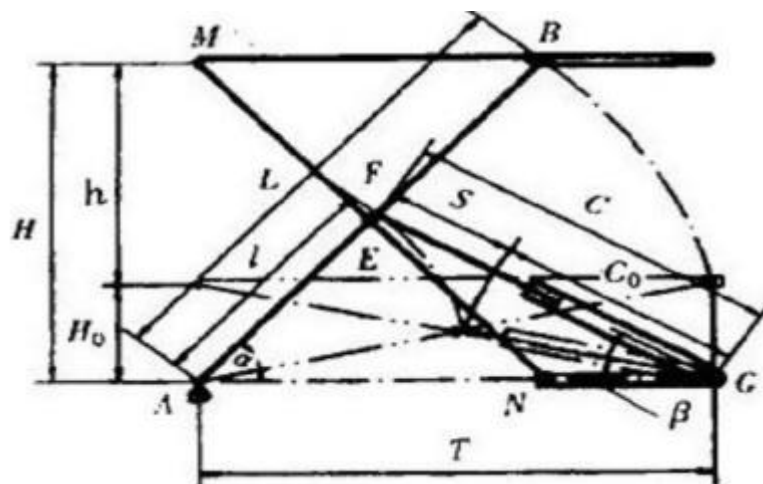


Рисунок 2.2 - Паралельний шарнірний ножичний підйомник

Висоту підйому визначаємо з виразу:

$$H = \frac{CL \sin \beta}{1} = \frac{CL(1 - \cos^2 \beta)^{\frac{1}{2}}}{1} \quad (2.1)$$

звідки:

$$\cos \beta = \frac{(T^2 + C^2 - l^2)}{2TC} \quad (2.2)$$

де H - будь-яке положення, коли висота підйомної платформи, мм;

C - відстань між точкою F до точки гідравлічного шарніра G , мм;

L = довжина опорної штанги, мм;

l = відстань між опорною штангою нерухомої опори шарніра A до шарнірної точки F ; мм;

T = довжина рами (відстань від A до G), мм;

β = включений кут між поршневым штоком і горизонталлю, °.

Нижче наведена аналогічна формула. Об'єднавши ці дві формули, ми отримаємо:

$$\frac{H}{C} = \frac{H}{L} \left[1 - \left(\frac{T^2 + C^2 - l^2}{2TC} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.3)$$

Визначивши $\lambda = C/C_0$, $\theta = H/H_0$ і підставляємо значення у формулу наведену вище.

$$\frac{\theta H_0}{\lambda C_0} = \frac{L}{l} \left[1 - \left(\frac{(T^2 + (\lambda C_0)^2) - l^2}{2T\lambda C_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.4)$$

H_0 = початкова висота підйомної платформи C_0 = початкова довжина гідроциліндра.

Розрахунок параметрів руху механізму паралельно фіксованого ножичного підйомника

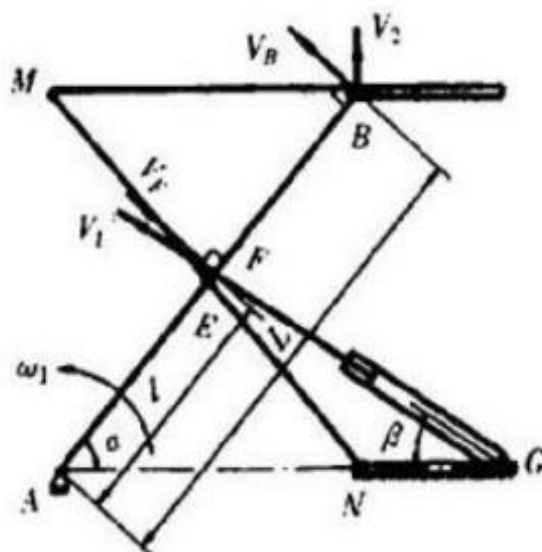


Рисунок 2.3. Паралельний шарнірний ножичний підйомник.

Те ж саме можна сказати і про наступний підйомник.

Тоді ми можемо отримати результат з рисунку наведеного вище:

$$V_F = \omega_1 l$$

$$V_1 = V_F \sin(\alpha + \beta) = \omega_1 l \sin(\alpha + \beta), V_B = \omega_1 L = \frac{V_1 L}{l \sin(\alpha + \beta)}$$

$$V_2 = V_B \cos \alpha = \frac{V_1 L \cos \alpha}{L \sin(\alpha + \beta)}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{L \cos \alpha}{l \sin(\alpha + \beta)} \quad (2.5)$$

де V_F - абсолютна швидкість точки F, м/хв;

V_B - абсолютна швидкість точки B, м/хв;

ω_1 - швидкість опорної штанги AB, м/хв;

V_1 - середня швидкість поршня гідроциліндра, м/хв;

V_2 - підйом платформи, м/хв;

α - включений кут між опорною штангою та горизонталлю.

2.3 Розрахунок параметрів паралельного ножичного механізму навантажувача

Якщо гідроциліндр встановлений в правій частині. Розрахунок, весь процес підйому та опускання в деталях, наведено нижче. На рисунку 2.4, P - це зусилля від штока поршня в гідроциліндрі; Q - це силове навантаження на платформу підйомника.

Виходячи з аналізу розподілу напружень і розрахунку процесу (опускання), ми отримуємо наступний результат:

Коли підйомна платформа піднімається:

$$P = \frac{Q}{l \sin(\alpha + \beta)} \left[\frac{L \cos \alpha}{2} + b + f \beta \tan \alpha + \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{f \sin \alpha}{2} \right) \left(\frac{L \cos \alpha - b + f \beta \tan \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha} - \frac{b}{\cos \alpha} \right) \right] \quad (2.6)$$

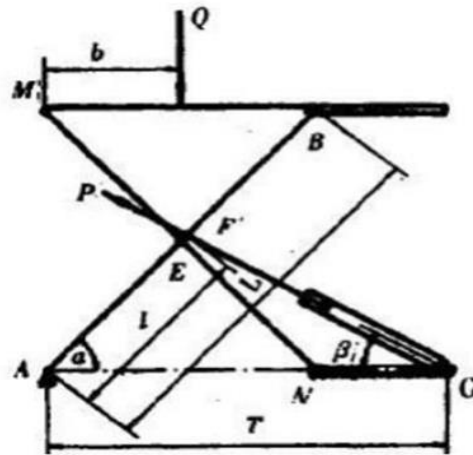


Рисунок 2.4 – Паралельний ножичний підйомник

Коли підйомна платформа опускається:

$$P = \frac{Q}{l \sin(\alpha + \beta)} \left[\frac{L \cos \alpha}{2} + b + f \beta \tan \alpha + \left(\frac{\cos \alpha}{2} + \frac{f \sin \alpha}{2} \right) \left(\frac{L \cos \alpha - b + f \beta \tan \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha} - \frac{b}{\cos \alpha} \right) \right] \quad (2.7)$$

P - сила гідроциліндра, яка діє на поршневий шток, Н;

Q - навантаження на платформу підйомника, Н;

F - коефіцієнт тертя кочення;

b - навантаження Q на вісь лінії до плоского лівого шарніра, M горизонтальна відстань, мм.

Через те, що колесо кочення і паз належать до тертя кочення, коефіцієнт тертя малий ($f = 0,01$), і для спрощення розрахунків ми його ігноруємо.

Отже отримаємо наступну формулу:

$$\frac{P}{Q} = \frac{L \cos \alpha}{L \sin(\alpha + \beta)}. \quad (2.8)$$

2.4 Особливості проектування механізму ножичного підйомника

Використовуючи формули 1 і 2, ми можемо отримати результат: При збільшенні α та β значення V_2 / V_1 зменшуються; при зменшенні α і β значення P/Q збільшуються. Потім визначимо що загальна конструкція стає меншою; При зменшенні α і β , і збільшенні значення P/Q , на основі ходу

гідравлічного циліндра, хід підйому підйомної платформи зменшився; Навпаки, це може призвести до збільшення навантаження на хід гідроциліндра. Тому при проектуванні слід враховувати два рухи: підйому і опускання, а також сили які впливають на гідроциліндр. У випадку двосторонніх рухів, виходячи з передумови загального розміру конструкції, обирайте більші початкові значення α_0 та β_0 . Навантаження на опорну штангу АВ є основною силою у всьому корпусі підйомника, шток має найбільший згинальний момент, тому слід зосередитися на його величині. Гідроциліндр може використовувати циліндр односторонньої дії, а також може використовувати циліндр подвійної дії, але це залежить від конкретних обставин.

Як правило, ми використовуємо циліндр односторонньої дії, оскільки цей циліндр є більш економним, загальна кількість витоків невелика, а термін служби ущільнень тривалий. З поршневыми циліндрами односторонньої дії слід враховувати, що коли платформа порожня то вага платформи повинна бути здатна подолати опір гідроциліндра між поршнем і корпусом циліндра. В іншому випадку це призведе до того, що підйомна платформа не зможе сама опуститися вниз.

2.5 Порівняльний розрахунок підйомників

Для виробництва, для проектування підйомної платформи необхідно врахувати наступне: маршрут руху підйомної платформи повинен бути більше 620 мм, мінімальна висота поверхні підйомної платформи має бути менше 300 мм, а максимальне навантаження - 10050 кг.

Відповідно до фактичних вимог застосування, ми вибрали поршковий циліндр односторонньої дії тип гідроциліндра односторонньої дії. Початкова довжина гідроциліндра $0\ C = 595$ мм; діапазон максимального ходу $S = 320$ мм. Розмір підйомного механізму:

- мінімальна висота підйому платформи $0\ H = 0,281$ мм;

- довжина рами $T = 1,200$;
- довжина опорної штанги $L = 1\,230,5$ мм.

Відповідно до розмірів, розрахунок поєднується з наведеною нижче формулою для двох конструктивних видів ножичного підйомника: паралельного шарнірного кріплення та горизонтально фіксованого кріплення. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.1, таблиці 2.2 та на статистичному рисунку 2.5, тертям кочення нехтуємо. Формула структури горизонтально фіксованої зсувної ножичної конструкції виглядає наступним чином:

$$H = [L^2(T - S)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{1}{\tan \alpha} + \frac{2fb}{L \cos \alpha} \quad (10)$$

де S - фактичний хід гідроциліндра;

T - відстань по довжині рами (від А до G).

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку конструкції паралельних ножиць.

s, мм	α , °	β , °	H, мм	h, мм	P/Q	h/s
0	13.180	14.200	562.0	0	4.080	0
80	19.670	19.830	829.60	267.60	2.850	2.350
160	24.830	23.460	1035.20	473.20	2.340	2.960
240	29.380	26.050	1209.40	647.40	2.040	2.700
320	33.590	27.960	1363.60	801.60	1.820	2.510
400	37.560	29.930	1502.60	940.60	1.660	2.350
480	41.390	30.450	1629.80	1067.80	1.520	2.220
560	45.110	31.210	1746.40	1184.40	1.400	2.120
640	48.770	31.740	1853.60	1291.60	1.290	2.020

(S=фактичний хід гідроциліндра; H= фактичний шлях підйомника. Те саме нижче.)

Як видно з результатів: за умови однакових габаритних розмірів конструкції і однакового ходу гідроциліндра, максимальне зусилля P_{\max} , яке діє на поршень гідравлічного циліндра,, що має горизонтально фіксовані ножиці, більше, ніж паралельна конструкція ножиць, А в діапазоні підйомної платформи h_{\max} , конструкція з двома паралельно фіксованими ножицями перевищує рівень горизонтально фіксованої конструкції зсувних ножиць.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку конструкції горизонтально фіксованих ножиць, мм

s, мм	$\alpha, ^\circ$	H, мм	h, мм	P/Q	h/s
0	13.80	562.0	0	4.270	0
80	19.740	832.80	270.80	2.790	3.390
160	24.670	1028.80	466.80	2.180	2.920
2400	28.80	1187.60	625.60	1.820	2.610
320	32.450	1322.60	760.60	1.570	2.370
400	35.770	1440.80	878.80	1.390	2.200
480	38.840	1545.80	983.80	1.240	2.050
560	41.710	1640.20	1078.20	1.120	1.930
640	44.440	1725.80	1163.80	1.020	1.820

Завдяки застосуванню типової конструкції паралельної двошарнірної підйомної платформи можна уникнути викопування ями при установці обладнання, що не тільки економить витрати, але і приносить зручність для обслуговування та ремонту обладнання в майбутньому.

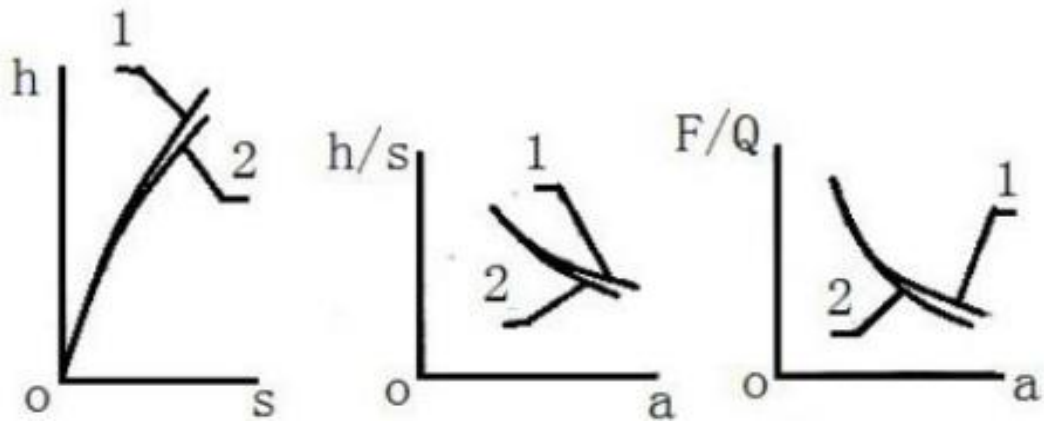


Рисунок 2.5. Порівняння двох результатів розрахунків структурних розрахунків: крива 1: результати розрахунків за таблицею 2.1; крива 2: результати розрахунків за таблицею 2.2.

Загалом, гідравлічна паралельна ножична конструкція вантажопідійомника, чий загальний розмір невеликий, проста і компактна в будові, що дозволяє зекономити кошти. Довжину підйому та опускання штоку циліндра можна збільшити майже у два рази. Такий підійомник чудово підійде для приміщень з обмеженими розмірами та рекомендується для використання у випадках коли потрібен підійомник з довшим маршрутом руху.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЙОМНИКА

3.1 Порівняння схем розташуванням гідравлічних циліндрів

Проведімо простий аналіз в якому обговоримо різницю між двома типами розташування гідроциліндра в ножичному вантажопідйомнику. Крім того, переваги та недоліки існують і у практичному застосуванні, проте з огляду на ситуацію, враховуючи різні умови, такі як поршневий гідроциліндр односторонньої дії, два шарнірних з'єднання, чи подвійна опорна штанга, одна і та ж підйомна платформа не змінюється, чи доречно проводити подальшу оптимізацію конструкції? Щоб аргументувати економічні переваги, ми можемо трохи змінити конструкцію. Як показано на схемі нижче:

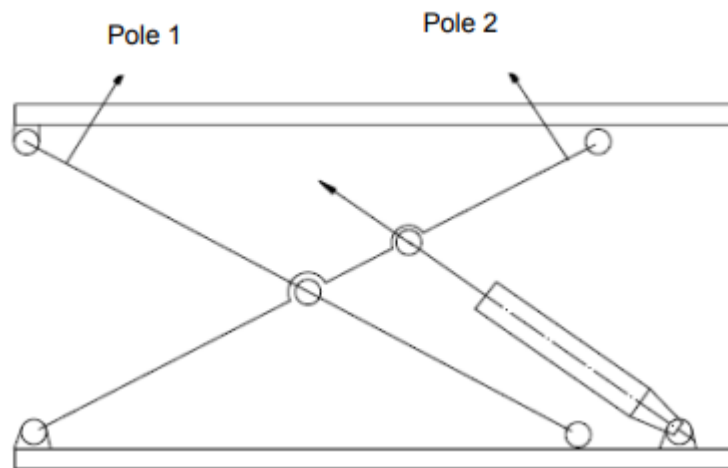


Рисунок 3.1 - Робоча схема роботи гідроциліндра.

З рисунка видно, що шток гідроциліндра з'єднаний з опорною штангою в правій стороні робочої зони, головка гідроциліндра з'єднана з опорною штангою 1 з правого боку (з важелем опорної штанги 1 активного шарнірного з'єднання). Тому ми націлені на проблеми, що існують у фактичній конструкції ножичних вантажопідйомників, які пов'язані з відносним розташуванням гідравлічного циліндра. Ми намагаємося висунути гідравлічний циліндр відносно симетрично з лівого боку, а саме фіксований елемент ножичної конструкції та його циліндр, встановлений в одній стороні,

з метою подальшого аналізу. Використовуючи метод центру миттєвої швидкості та принцип віртуального переміщення, виводимо два типи розташування поршня гідроциліндра за швидкістю руху поршня та залежність між швидкістю підйому і тягою поршня, а також залежність між навантаженням, проаналізувавши два типи розташування гідроциліндра, наведено їх відповідні переваги та недоліки та можливі несправності. На основі інженерних прикладів механізму ножичного підйомника ми приймаємо геометрію, рух та порівняння параметрів потужності та відповідних структурних параметрів гідроциліндра після розрахунку.

3.2 Аналіз та порівняння двох схем розташування

Для того, щоб розглянути поставлене вище питання про те, що гідроциліндр може мати двостороннє розташування, розрахуємо відповідні параметри конструкції згідно рисунку 3.2, а потім проведемо порівняння двох видів розташувань гідроциліндра.

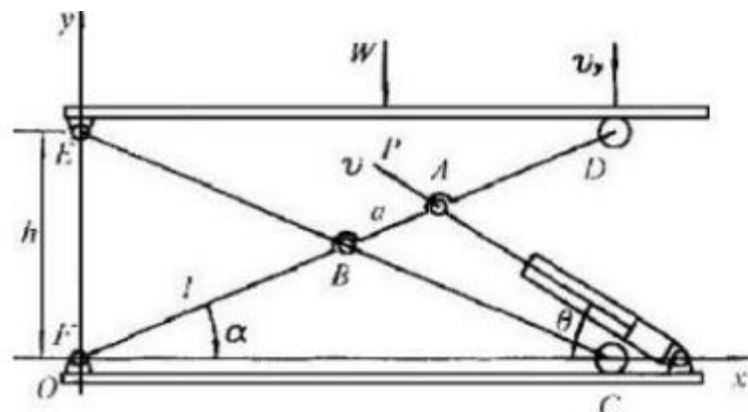


Рисунок 3.2 - Розміщення гідроциліндра в правій частині.

Для визначення швидкості руху поршня все ще використовуємо метод центру миттєвих швидкостей.

Швидкість точки А дорівнює:

$$V_D = 2\omega l \quad (3.1)$$

$$V_A = \omega(l + \alpha) \quad (3.2)$$

Швидкість підйому платформи:

$$V_Y = V_D \cos \alpha = 2_{\omega l \cos \alpha} \quad (3.3)$$

Швидкість руху точки А:

$$(l + \alpha)V_Y / (2l \cos \alpha) \quad (3.4)$$

Швидкість руху поршня:

$$v = V_{\alpha} \cos \beta = \frac{(l + \alpha) \sin(\theta + \alpha)}{2l \cos \alpha} \quad (3.5)$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{h}{2l} \theta = \tan^{-1} \frac{(l + \alpha) \sin \alpha}{L - (l + \alpha) \cos \alpha} \quad (3.6)$$

Виходячи з принципу віртуального переміщення і ми можемо отримати:

$$\Sigma(F_J \delta x_J + F_{JX} \delta \gamma_J + F_{JX} \delta z_J) = 0 - (P_x \delta x_p + P_Y \delta \gamma_p - W \delta \gamma_w) = 0 \quad (3.7)$$

$$P_x = P \cos \alpha \quad P_Y = P \sin \alpha \quad (3.8)$$

$$x_p = (l + \alpha) \cos \alpha \quad \gamma_p = (l + \alpha) \sin \alpha \quad \gamma_w = 2l \sin \alpha \quad (3.9)$$

Після варіації отримаємо

$$\delta_{x_p} = -(l + \alpha) \sin \alpha \delta \alpha \quad (3.10)$$

$$\delta_{\gamma_p} = (l + \alpha) \cos \alpha \delta \alpha \quad (3.11)$$

$$\delta_{\gamma_w} = 2l \cos \alpha \delta \alpha \quad (3.12)$$

Підставимо ці три результати у формулу (3.9) і отримаємо силу тяги поршня:

$$P = \frac{2l \cos \alpha}{(l + \alpha) \sin(\theta + \alpha)} W \quad (3.13)$$

Справедливість формул (3.9) та (3.13) можна довести за допомогою принципу збереження механічної енергії для доведення можна використати принцип збереження механічної енергії, а саме:

$$u_p = u_\gamma W \quad (3.14)$$

Співвідношення між швидкістю руху поршня гідроциліндра і швидкістю руху платформи

$$V = \frac{\sqrt{\alpha^2 + l^2 + 2\alpha l \cos 2\alpha} \sin(\theta - \alpha + \gamma)}{2l \cos \alpha} v_\gamma \quad (3.15)$$

Залежність між навантаженням на платформу та тягою поршня

$$p = \frac{2l \cos \alpha}{\alpha \sin(\theta + \alpha) + l \sin(\theta - \alpha)} W \quad (3.16)$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{h}{2l} \quad \theta = \tan^{-1} \left[\frac{l + \alpha}{l - \alpha} \tan \alpha \right] \quad \gamma = \sin^{-1} \left(\frac{\alpha}{d} \sin 2\alpha \right) \quad (3.17)$$

Рішення яке використовується у вищезгаданих двох конструкціях, базується на інженерному розташуванні гідроциліндра, а саме гідроциліндр фіксований шарнірно ножичної будови, розташований з лівого боку, як показано на рисунку 3.3.

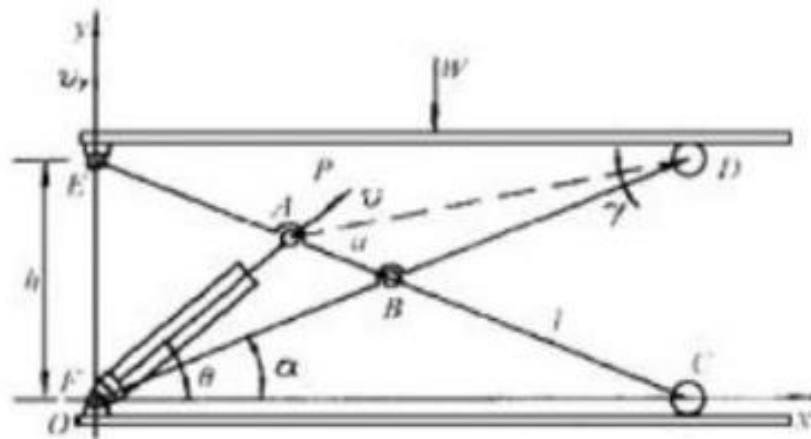


Рисунок 3.3 - Розташування гідроциліндра зліва

Перевагою такого розташування є коротший ефективний хід гідроциліндра; діапазон підйому більший в залежності від випадку, коли це необхідно. Проблема полягає в тому, що в ножичній конструкції еквівалентна висоті h (тобто, менший кут α_0), за умови відносно меншого кута нахилу, необхідна тяга гідроциліндра значно збільшиться. Якщо обмежити максимальний робочий тиск гідроциліндра, це дозволить

збільшити його розмір, проте після цього гідроциліндр буде важко розташувати в ножичній конструкції. Або використовувати два гідроциліндри меншого розміру, замість одного великого гідроциліндра, але це призведе до того, що потрібно буде додати пару підшипників для гідроциліндра, одночасно розпочинати запуск гідроциліндрів, що загалом ускладнить конструкцію гідравлічної системи та збільшить вартість всього агрегату.

Гідроциліндр розташований з правого боку ножичного механізму, дозволяє зменшити тягу поршня гідроциліндра, тому ми можемо вибрати гідроциліндр меншого діаметру; Проблеми - ефективний хід гідроциліндра стає довшим, якщо діапазон підйому платформи не великий, збільшення ходу гідроциліндра також обмежиться.

3.3 Приклад порівняльного розрахунку

За результатами наведеного вище аналізу, у поєднанні з розглядом прикладу, порівняння структурної схеми, як показано на рисунку 3.4 з гідроциліндрами встановленими ліворуч та праворуч. Сторона, відповідно для двох видів розташування

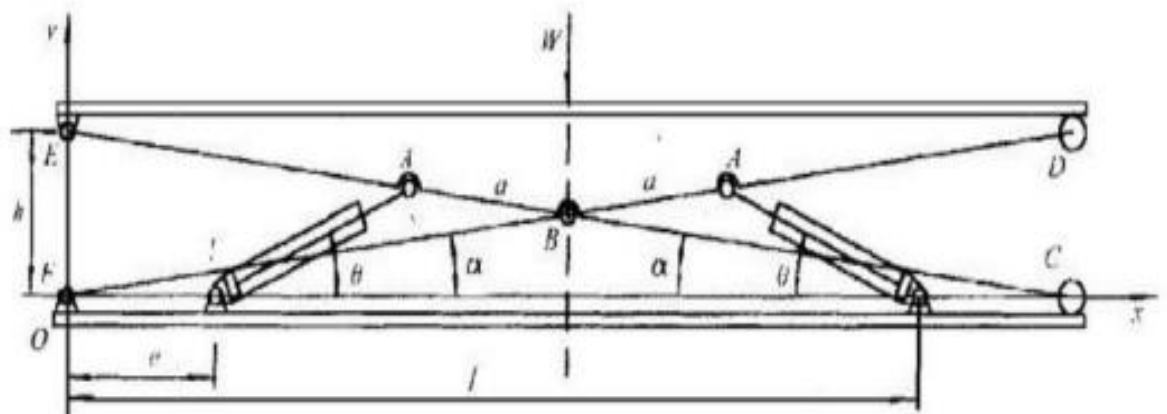


Рисунок 3.4 Схема розташування гідроциліндра ліворуч та праворуч.

Структура механізму ножичного підйомника за розмірами:

$H = 400 \sim 1\,200$ мм, $t = 2000$ мм, $a = 535$ мм, $e = 770$ мм, $f = 3210$ мм.

Два види розташування основних параметрів дають результати розрахунку, як показано в таблиці.

Таблиця 3.1 - Два види розташування результатів розрахунку основних параметрів;

Параметри	Ліва сторона		Права сторона
Опорний кут штанги FD, α	\sin^{-1}	h	h
		2l	2l
Кут нахилу гідроциліндра, θ	\tan^{-1}	$(t + \alpha) \sin \alpha$	$(t + \alpha) \sin \alpha$
		$(t - \alpha) \cos \alpha - e$	$(t - \alpha) \cos \alpha - e$
Початковий кут, α°	5.379		5.379
Початковий кут, θ°	20.236		20.236
Початкова швидкість поршня V_0	$0.158V_\gamma$		$0.279V_\gamma$
Тягове зусилля пускового поршня P_0	5.42W		3.58W
Закінчення дії кута α_{max}	17.458		17.458
Закінчення дії кута θ_{max}	50.473		22.262
Ефективний хід поршня	253		365

Як видно з порівняння статистичних даних, гідроциліндр ножичного механізму, очевидно, впливає на його рух і динамічні параметри. При початкових кутах повороту α_0 і θ_0 , а також при максимальному зусиллі поршня максимальна сила тяги P_0 Завантаження W в тих самих умовах на платформі, тяга гідравлічного циліндра при розташуванні зправа нижче, ніж тяга циліндру, розташованого зліва, а їх відношення становить 0,66. Однак ефективний хід поршня L при правому розташуванні на 112 мм більший, ніж

при лівому. Якщо вага вантажу не надто велика (а саме, величина навантаження $W < 1,5 \text{ кН}$), то можна розглянути можливість використовувати лівосторонню конструкцію підйомника, оскільки це може скоротити шлях ходу гідроциліндра. Якщо відбудеться значне збільшення в конструкції, збільшиться згинальний момент відповідного гідроциліндра а також збільшиться час навантаження на згинальному моменті поршня.

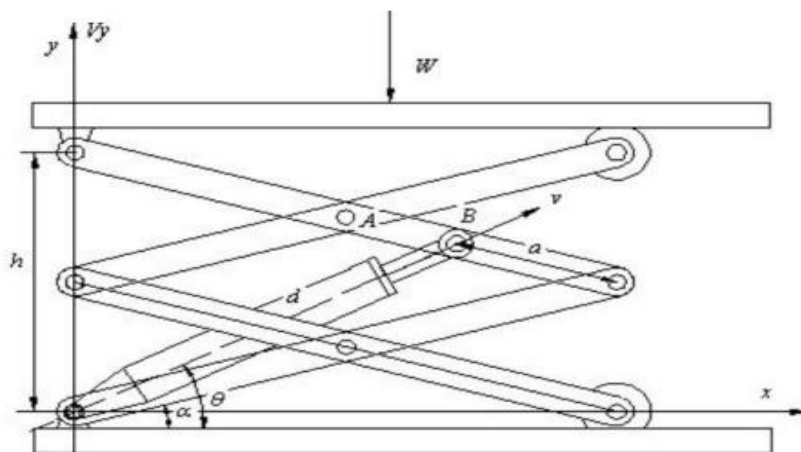


Рисунок 3.5 - Всі параметри конструкції.

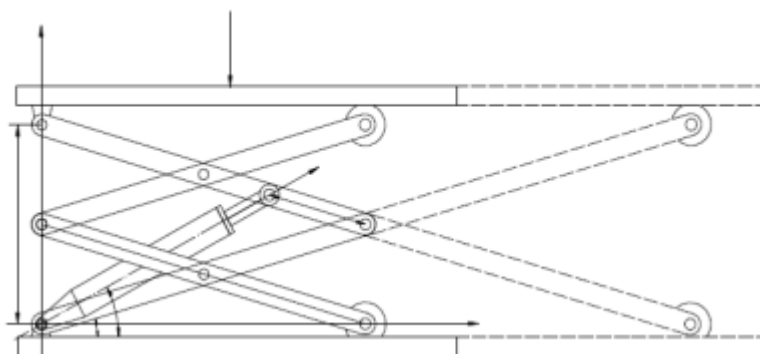
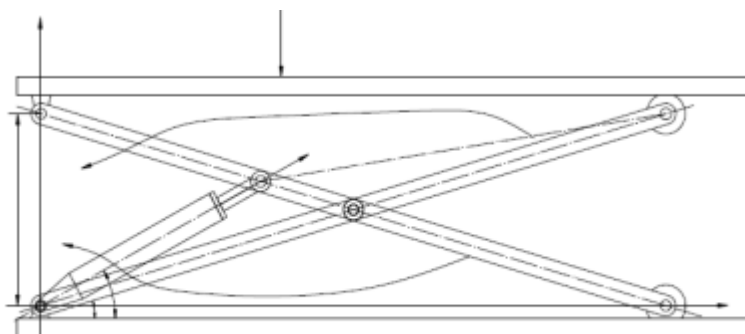


Рисунок 3.6 - Процес перетворення руху зверху вниз.

При урахуванні всіх зазначених вище факторів, рекомендується початково прийняти розташування гідравлічного циліндра зліва. Крім того, швидкість поршня у запропонованій схемі повинна бути меншою, ніж швидкість гідравлічного циліндра при розташуванні справа, з відношенням $V_{left}/V_{right} = 0,66$. З метою компенсації недостатньої швидкості та зменшення обсягу всього підйомника, варто розглянути можливість впровадження двоступеневої підйомної платформи зі спільними опорними штангами, щоб досягти бажаної швидкості.

Як показано на рисунку 3.5 - процес перетворення, якщо ми перенесемо дві частини опорної штанги з правого боку на лівий, то отримаємо чотири відносно короткі опорні штанги і досягнемо поставленої мети.

Тому спочатку ми повинні розрахувати конструктивні схеми гідравлічного циліндра з урахуванням різних параметрів, а потім на підставі отриманих значень цих параметрів визначити, чи є це рішення обґрунтованим. Згідно з основними завданнями даної роботи, оберемо відповідну схему розташування. Для забезпечення широкого спектру використання підйомника та можливості перевезення великого навантаження, було розроблено першу модель для транспортного засобу з такими параметрами: маса автомобіля - 1,5 т, ширина - 1,42 м, висота - 1,4 м, колісна база - 2,4 м. В рамках дозволених меж навантаження може бути використана дана конструкція. З метою забезпечення безпеки, вбудовано автоматичне фіксування при підйомі на висоту, можливість послаблення швидкості після зупинки та швидке опускання у відсутності навантаження.

Для забезпечення комфорту персоналу обслуговування підйомної платформи потрібно підібрати таке положення платформи, щоб дозволити механіку працювати стоячи. Для полегшення обслуговування механіком підйомного столу, необхідно не лише раціонально підібрати висоту під час обслуговування, але також передбачити місце для його роботи. Для цього ми можемо вибрати подвійний підйомний стіл для синхронізації підйому та прийняти варіант підйомного столу для дотримання вимог. Конструктивна

схема передбачає використання двох гідравлічних циліндрів та 16 опорних штанг для підняття. З метою підвищення безпеки та надійності, ми можемо встановити загальну місткість:

$W_{total} = 3 \text{ т} \times 1000 \times 9.8 = 29400 \text{ N}$, а максимальна місткість кожної штанги становить 9800 N ($29400 \text{ N} / 3 = 9800 \text{ N}$).

Через те, що середнє навантаження на гідроциліндр при цьому становить 9800 N , розташування гідроциліндра зліва є цілком можливим.

3.4 Проектування і розрахунок станини і ножичного штока

Консоль розташована у верхній частині підйомної платформи, яка є частиною опорного елемента.

Платформа відіграє ключову роль для плавного паркування автомобілів на підйомних столах. Автомобіль повинен заїхати на підйомну платформу до початку ремонтних робіт. Щоб бути певним, платформа не є простою сталевую пластиною, внизу є кілька пазів, тому там є шків ножичного важеля підйомного столу, роль пазів полягає в тому, щоб змусити шків ковзати вперед і назад в межах жолоба, щоб досягти підйому та опускання підйомної платформи.



Рисунок 3.7 - Схема конструкції підлоги.

Для шківа на плечі штанги ножичного підйомного столу роль пазів полягає в тому, щоб змусити шків ковзати вперед і назад по жолобу, підйомна платформа здійснює підйом і опускання, працює відповідно до вищезазначених параметрів розміру автомобіля. Визначено, що довжина

платформи становить 2600 мм, ширина 450 мм, матеріал виготовлений з гарячекатаної сталеві пластини.

Ножична штанга - одна з основних підйомних деталей підйомної платформи, на яку припадає основне зусилля. Від успішності його конструкції залежить успіх або невдача всієї дипломної роботи, матеріалами є сталь марки NO.45, гарячекатані сталеві листи.

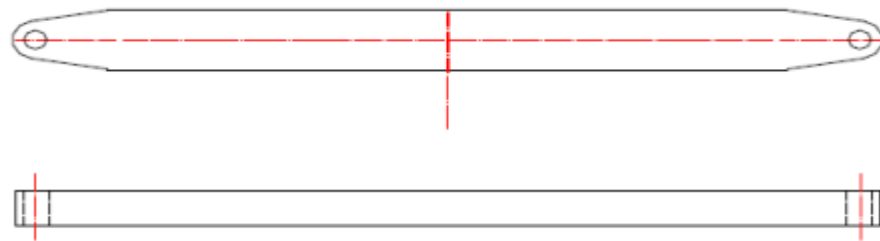


Рисунок 3.8 - Зовнішній вигляд штанги.

Нижче наведено рисунок 3.9 на якому, можна побачити загальну конструкцію ножичного підйомника.

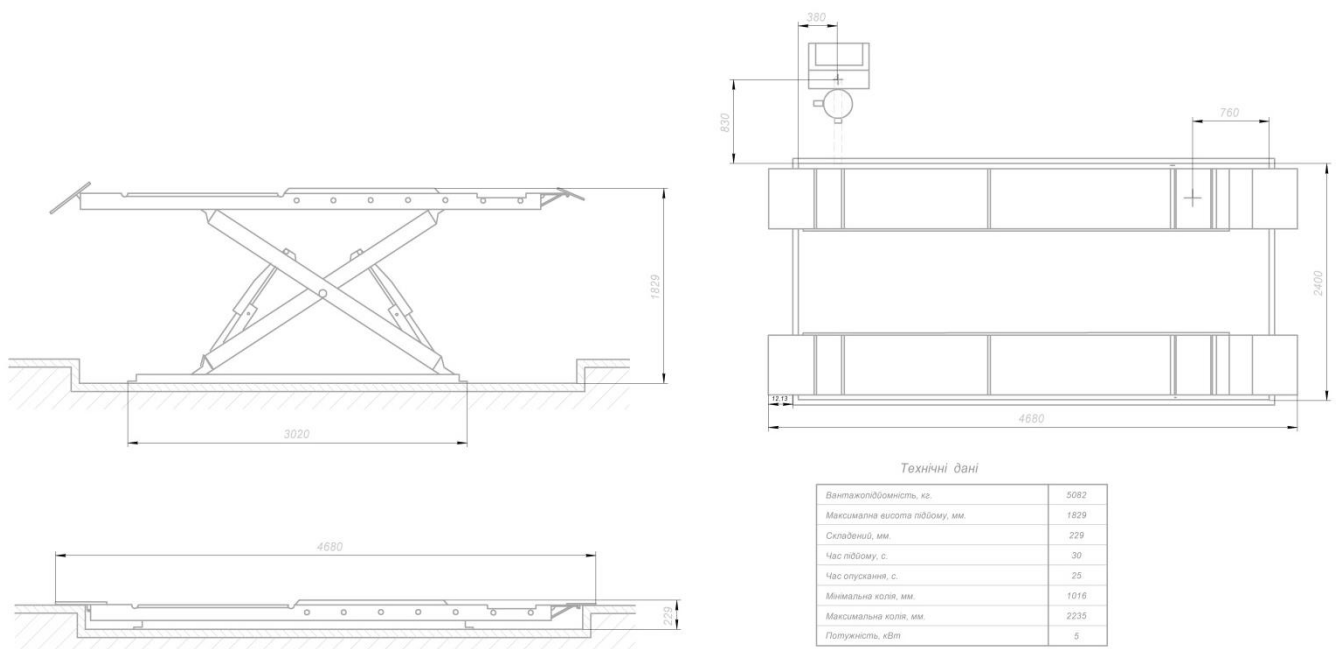


Рисунок 3.9 – Загальна конструкція ножичного підйомника

3.5 Визначення матеріалу та розміру конструкції важеля

Нижче проведемо аналіз сили ножичного важеля.

Спочатку визначимо назву кожної штанги за номером;

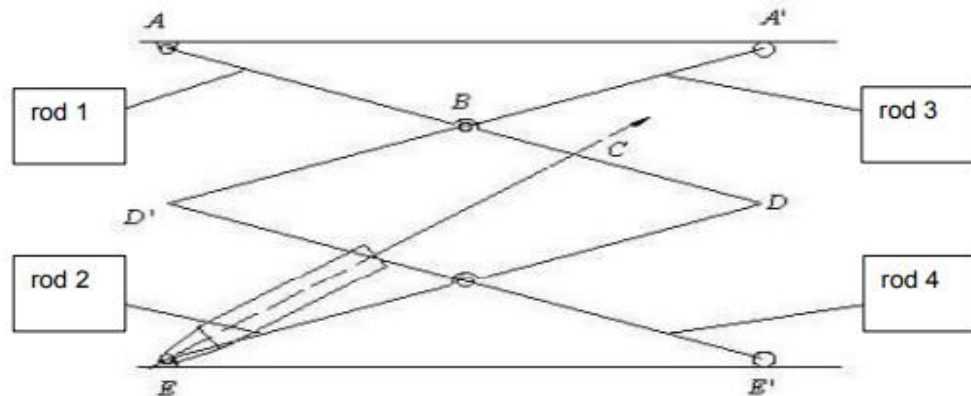


Рисунок 3.10 Діаграма аналізу опорної сили ножичного важеля.

На штангу 3, 4 активного шарніра, з'єднаного тягою в горизонтальному напрямку, не діє ніяких інших зовнішніх сил, крім сили тертя, якою можна знехтувати, зараз ми розглянемо тільки його напруження у вертикальному напрямку. Аналізуючи зусилля на штоку, як показано на рисунку можна зробити наступні висновки:

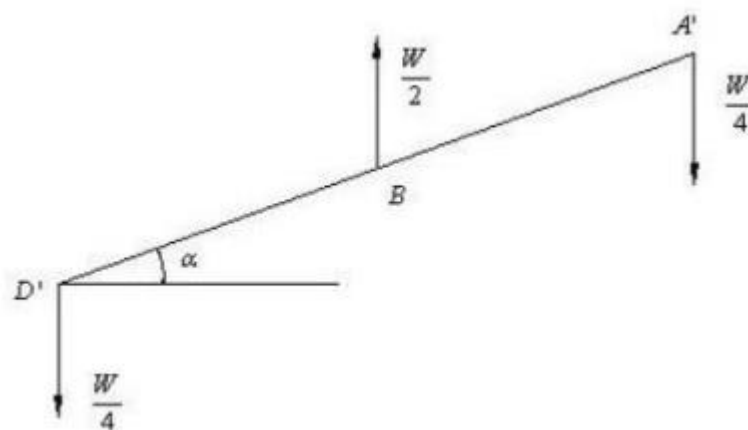


Рисунок 3.11 - Діаграма силового аналізу.

Розрахунок максимальної сили згинального моменту та осьової сили.

За допомогою аналізу дізнаємося, коли підйомна платформа знаходиться в найнижчому положенні при $\alpha = 5^\circ$ згинальний момент є найбільшим.

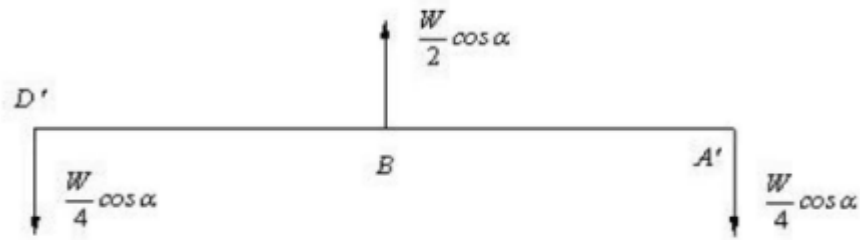


Рисунок 3.12 - Діаграма силового аналізу.

$$M_{max} \frac{\frac{w}{2} \cos \frac{l}{2}}{l} = \frac{W \cos l}{8} = 2562.7 \text{ Nm} \quad (3.18)$$

Коли підйомна платформа знаходиться у найвищому положенні, осьова сила є найбільшою ($\alpha = 30^\circ$)

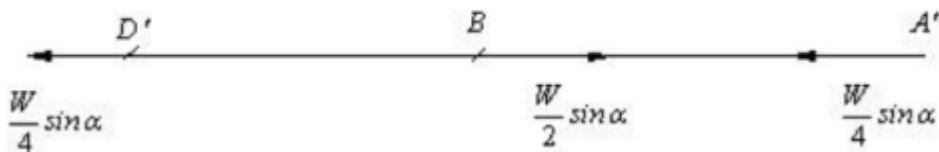


Рисунок 3.13 - Діаграма силового аналізу.

$$N_{DB} = \frac{w}{4} \sin \alpha = 1225 \text{ N}, N_{BA} = -1225 \text{ N} \quad (3.19)$$

Штанги 3 та 4 однакові.

Проаналізуємо штангу 1 і аналіз напружень, як показано нижче;

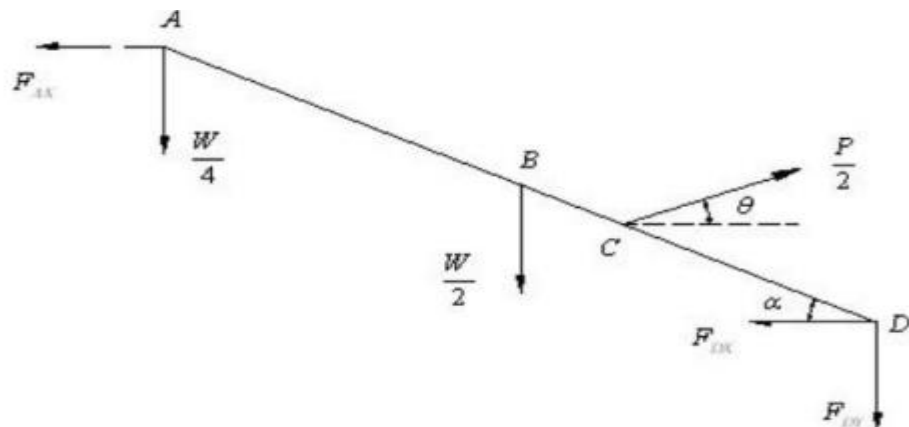


Рисунок 3.14 - Діаграма силового аналізу.

Аналіз моменту відносно точки D:

$$F_{Ax} \sin \alpha + \frac{W}{4} l \cos \alpha = \frac{P l}{2} \sin(\alpha + \theta) \quad (3.20)$$

Тоді ми можемо отримати результат з цієї формули, а саме;

$$F_{Ax} = -110.1N \quad (3.21)$$

Рисунок 3.14 можна перетворити на діаграму для силового аналізу, щоб розрахувати згинальний момент:

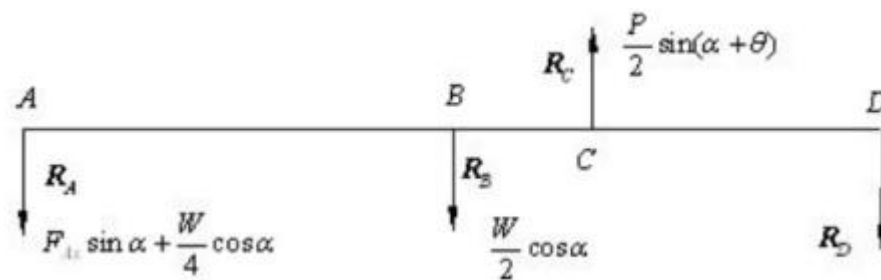


Рисунок 3.15 - Діаграма силового аналізу.

Згідно з наведеними вище умовами можемо отримати схему згинальних моментів;

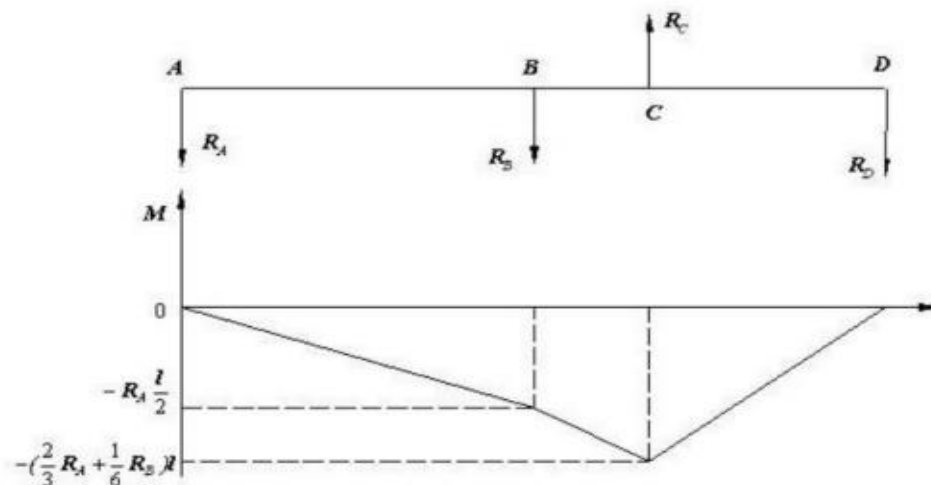


Рисунок 3.16 - Діаграма згинальних моментів полюса.

З цього рисунка видно, що важелем максимального згинального моменту є точка C. Після розрахунків при $\alpha = 5^\circ$. R_C має максимальне значення, тобто є точкою з найбільшим моментом і в той же час має

найбільшу осьову силу. Спочатку підставимо $\alpha = 5^\circ, W = 9800N, P = 11.6W$ у формулу $P = \frac{2l \cos \alpha}{\alpha \sin \alpha(\theta+\alpha)+l \sin(\theta+\alpha)} W$ Тоді ми отримаємо наступні результати;

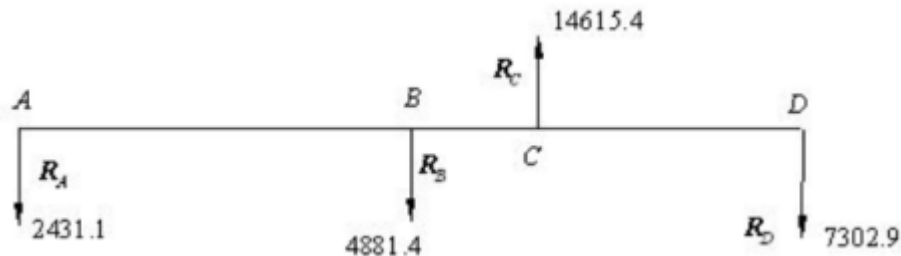


Рисунок 3.17 - Діаграма силового аналізу.

тоді:
$$M_{max} = -\left(\frac{2}{3}R_A + \frac{1}{6}R_B\right)l = -5112Nm \quad (3.22)$$

Розрахунок осової сили та аналіз напружень у стрижні;

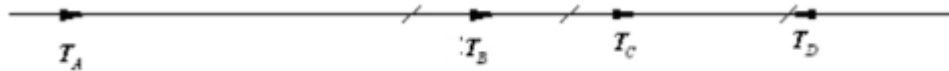


Рисунок 3.18 - Аналіз осових зусиль і напружень стрижня.

Згідно з аналізом і розрахунком, сила осового стискання підшипника CD є найбільшою $T_{CD} = 54929N$. Внаслідок простого розрахунку максимального згинального моменту штанги 3 і штанги 4 і максимальне осове зусилля є меншими за значення штанги 1. Тому ми не розраховуємо робоче напруження для штанг 3 і 4. Але в цій ситуації ми розраховуємо робоче напруження штанги 1. Встановимо, що площа поперечного перерізу важеля вилки дорівнює $A = bh$, як показано нижче;

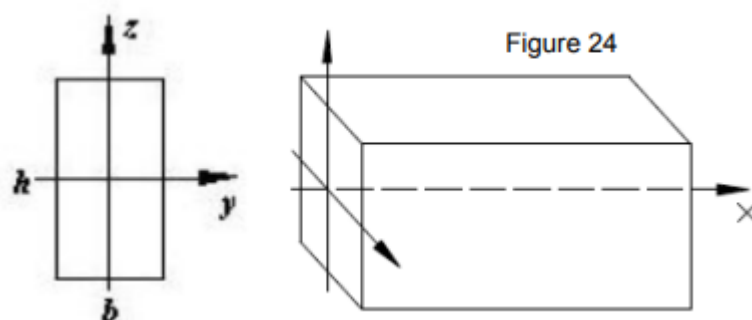


Рисунок 3.19 - Схема поперечного перерізу важеля вилки.

Робочий процес у цій ситуації є наступним:

$$M_{max} \frac{6}{bh^2} + \frac{N_C}{A} = \frac{5112 \times 6 \times 54929h}{bh^2} \leq [\delta]$$

$$[\delta] = \frac{\delta_s}{n} \quad (3.23)$$

Де: δ = Фактичне робоче напруження ножичного штока (Н)

$[\delta]$ = Допустиме напруження матеріалу (Н)

δ_s = Границя міцності матеріалу, для сталі NO. 45 це 340 Мра

n = Коефіцієнт запасу міцності. Оскільки зазвичай це значення більше 1, то тут приймаємо 2.

Відповідно до попередніх даних спочатку вибираємо $h = 0,1$ м.

Як бачимо, вплив згинального моменту на робоче напруження σ набагато більший, ніж осьова сила, тому ми беремо найбільший згинальний момент як основний об'єкт обчислень. Максимальне робоче напруження виникає в точці 1. Точка 1 С має найбільший згинальний момент, тобто переріз С має найбільше робоче напруження.

За максимальним напруженням вибираємо потрібний переріз штока вилки. Підставляємо $h = 0,1$ м у формулу.

Максимальне робоче напруження $\sigma = 36165/0,01b \leq 170\text{Мра}$ $b \geq 21,3$ мм. Тоді вибираємо $b = 25$ мм, тобто площа поперечного перерізу штока вилки становить $hxb = 100 \times 25 \text{мм}^2$.

3.6 Вибір режиму керування

Вибираємо комплект з'єднань штока з поршнем по горизонтальній осі, згідно з вимогами загальної конструкції визначаємо поперечну довжину 220

мм, оскільки це одинарне з'єднання, його внутрішній $CD = 50$, поперечний діаметр також повинен становити 50 мм, але враховуючи необхідність відносного ковзання, слід зробити поперечний діаметр трохи меншим за 50 мм, прийmemo тут $d = 48$ мм. Ширина одного отвору $EW = 60$ мм Важіль встановлюється на горизонтальну вісь за допомогою розширеного отвору, що збільшує площу контакту та сприяє зниженню згинального та зсувного напруження. Тому, згідно з рисунком 26, буде проведений аналіз напружень на горизонтальній осі.

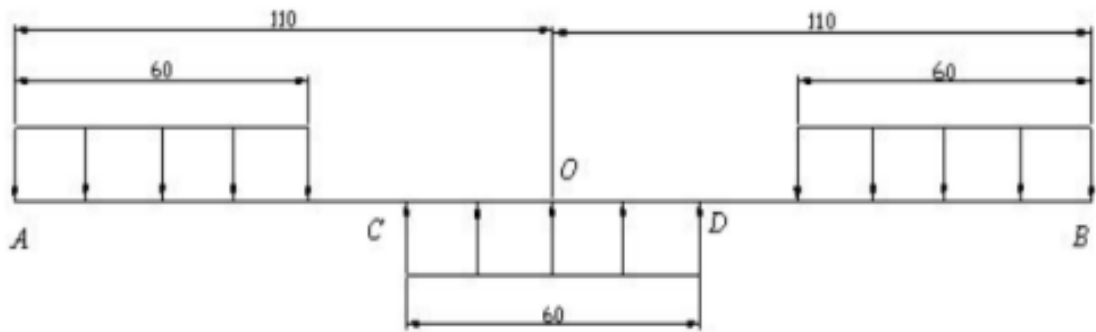


Рисунок 3.20 – Схема напружень по горизонтальній осі.

Коли $\alpha = 5^\circ$, $P = 113680N$, то отримаємо результат $RA = RB = P/2 = 56840N$. Сила що діє на горизонтальну вісь P , розподілена рівномірно, а відстань розподілу становить 60 мм. Таким чином, ступінь згину становить $q = 113689/0,06N/м$, а максимальний згинальний момент перерізу O становить $M = RA \times 0,08 - q \times 0,03 \times 0,03/2 = 5402,4Nm$. Напруження зсуву в перерізах C і D $Q = RA = 56840N$.

Напруга при згині:

$$\delta = M \frac{32}{\pi d^3} = 5402,4 = 161Mpa < [\delta] \quad (3.24)$$

Напруга зсуву:

$$t = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{56840}{\frac{\pi 48^2}{4}} = 31,4Mpa < [t] \quad (3.25)$$

Щодо кількох інших елементів, то їхні напруження менші за наведені вище, тому не доцільно змінювати матеріал на основі вибору діаметра, цілком доступним є вибір 35 мм або 40 мм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації обладнання

Виробничий травматизм зумовлений організаційними, технічними, психофізіологічними та санітарно-гігієнічними причинами. Аналіз виробничого травматизму дозволяє не лише виявити причини, а визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики травматизму.

Для аналізу виробничого травматизму застосовують багато різноманітних методів, основні з яких можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, монографічні, економічні, анкетування, ергономічні, психофізіологічні, експертних оцінок та інші.

Причини виробничого травматизму поділяються на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

- Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової до небажаної події можуть бути такими:

- Навантаження: Величина та розподіл навантаження на платформі під час підйому або опускання вантажу. Вага, розмір і розподіл вантажу можуть впливати на стабільність і функціональність підйомника.

- Умови роботи: Робоче середовище, включаючи рівень освітленості, температуру, вологість та інші фактори, які можуть впливати на безпеку та ефективність роботи з вантажопідйомником.

- Технічний стан: Стан та надійність самого вантажопідйомника, включаючи гідравлічну систему, електричні компоненти, механічні деталі та інші складові. Відповідне обслуговування та регулярні перевірки технічного стану можуть уникнути непередбачених ситуацій та забезпечити безпечну роботу підйомника.

- Досвід та кваліфікація оператора: Навички та знання оператора підйомника впливають на безпеку та правильність виконання робіт. Недостатня кваліфікація або неправильне використання може призвести до небажаних подій.

- Внутрішні та зовнішні чинники: Можливі впливи зовнішнього середовища, такі як вітер, дощ, сніг, а також внутрішні фактори, такі як нерівності підлоги, структурні особливості споруди та інші фактори, можуть впливати на стабільність та безпеку роботи підйомника.

Враховуючи ці чинники та обставини, важливо виконувати всі необхідні заходи безпеки, використовувати підйомник відповідно до інструкцій та мати належну підготовку та навички для безпечної роботи з ним.

Для нашого випадку можливими заходами та засобами запобігання дії шкідливого чинника є:

- Використання захисного спорядження: Оператор повинен носити відповідне захисне спорядження, таке як рукавиці, окуляри, маску чи дихальний апарат, щоб уникнути впливу шкідливих речовин або пилу.

- Вентиляція робочого простору: Забезпечення належної вентиляції в робочому просторі може допомогти уникнути накопичення шкідливих газів або парів.

- Контроль експозиції: Моніторинг та контроль рівня шкідливих речовин в робочому середовищі може допомогти забезпечити безпеку оператора. Використання датчиків або інших засобів моніторингу може сприяти своєчасному виявленню шкідливих чинників.

- Належне сховище та обробка матеріалів: Зберігання шкідливих матеріалів у відповідних контейнерах та їх правильна обробка можуть уникнути ризику контакту з ними.

- Навчання та підготовка операторів: Забезпечення належного навчання та підготовки операторів щодо впливу шкідливих чинників, а також навчання

їх правильному використанню та обслуговуванню обладнання, є важливим кроком у забезпеченні безпеки.

- Регулярні перевірки та обслуговування: Регулярне технічне обслуговування та перевірки підйомника можуть допомогти виявити можливі проблеми та усунути їх до того, як вони стануть загрозою.

Ці заходи та засоби можуть бути використані для запобігання шкідливим чинникам та забезпечення безпеки при роботі з ножничним вантажопідйомником.

Вимоги безпеки до початку роботи:

- Ознайомлення з інструкціями.
- Перевірка стану обладнання: Перед початком роботи переконайтеся що вантажопідйомник належним чином функціонує, всі механізми працюють належним чином, а також проведіть візуальну перевірку на наявність пошкоджень чи відсутність витоків гідравлічної рідини.
- Правильне завантаження: Перед підняттям вантажу переконайтеся, що він розміщений на платформі вантажопідйомника рівномірно і без перебільшення допустимої ваги. Не допускайте перевантаження, оскільки це може призвести до нестабільності та небезпеки.
- Забезпечення безпеки оператора: Оператор має бути відповідно захищений, носити захисний головний убір, захисні окуляри, рукавиці та взуття. Також варто переконатися, що оператор має належну підготовку та навички для безпечного управління вантажопідйомником.
- Заборона несанкціонованого доступу: Забезпечте, щоб лише кваліфіковані оператори мали доступ до вантажопідйомника. Забороняйте несанкціоновану роботу або підйом незавантаженого вантажу.
- Використання захисних пристроїв: Переконайтеся, що всі захисні пристрої, такі як бортики безпеки, блокери для коліс, працюють належним чином і встановлені перед початком роботи.

- Систематична перевірка та обслуговування: Регулярно проводьте перевірку стану вантажопідйомника, його механізмів та гідравлічних систем. Виконуйте регулярне технічне обслуговування та поточний ремонт для забезпечення безпеки та надійності пристрою.

4.2 Планування заходів з покращення охорони праці

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму бувають на організаційні та технічні.

До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування.

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації та пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском.

4.3 Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації обладнання

Небезпечні умови (НУ) відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек - певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми. Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;

- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працівника та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та ін.);

- призводять до небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та ін.).

Розроблення схеми травмонебезпечних та аварійних ситуацій розробленої (удосконаленої) машини, технологічної операції, інших робіт згідно теми кваліфікаційної роботи.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища, як травми, аварії та катастрофи мають дуже близькі механізми формування та виникнення, їх описують за допомогою схеми (див. рис. 4.2).

НВФ - небезпечний виробничий фактор; НУ - небезпечні умови; НД - небезпечні дії; НО - небезпечні обставини; НС - небезпечна ситуація; А - аварія; Т - травма, КС - критична ситуація; НУ_д - небезпечні умови додаткові; НД_д - небезпечні дії додаткові; К - катастрофа

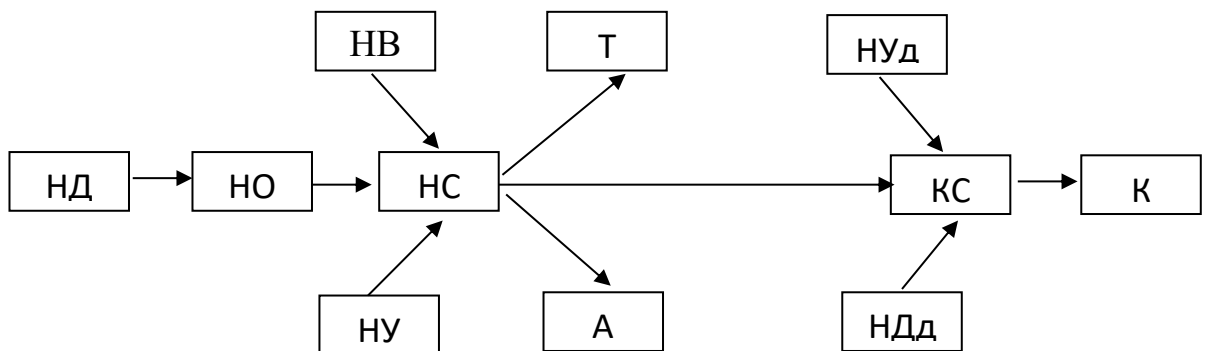


Рисунок 4.2 - Блок-схема процесу формування та виникнення небезпечних, аварійних та катастрофічних ситуацій.

На СТО при використанні ножичного підйомника можуть виникати небезпечні ситуації, які загрожують безпеці працівників. За схемою видно, що працівник може вчинити небезпечну дію (НД) і потрапити в небезпечні обставини (НО), під впливом небезпечного виробничого фактора (НВФ) при наявності небезпечних умов (НУ). Така послідовність подій створює небезпечну ситуацію (НС).

Наприклад, під час роботи з ножичним підйомником на СТО може виникнути небезпечна умова (НУ1). Це може бути викликано, наприклад, неправильним розташуванням підйомника або нестабільною поверхнею. Небезпечна умова (НУ1) може призвести до появи іншої небезпечної умови (НУ2), наприклад, зламаного механізму підйому. І ця умова (НУ2) в свою чергу може призвести до наступної небезпечної умови (НУ3), наприклад, неправильної роботи гальма. Таким чином, послідовність небезпечних умов

може призвести до виникнення небезпечної ситуації (НС), яка може мати наслідком аварію (А) або травму (Т).

Аналогічні небезпечні ситуації можуть виникати під час роботи з іншим обладнанням на СТО. Загальний вигляд потоку небезпечних подій може бути представлений наступним чином:

$$НУ1 \rightarrow НУ2 \rightarrow НУ3 \rightarrow \dots \rightarrow НС \rightarrow А, Т.$$

При роботі з ножичним підйомником можливі випадки, коли помилка оператора (НД1) може викликати наступну помилку (НД2), яка може призвести до небезпечної ситуації (НС). Схема потоку подій в такому випадку може мати вигляд:

$$НД1 \rightarrow НД2 \rightarrow НС \rightarrow А, Т.$$

або:
$$НД1 \rightarrow НД2 \rightarrow НД3 \rightarrow НС \rightarrow А, Т.$$

Наслідками таких подій можуть бути аварія і/або травма. Наприклад, під час експлуатації ножичного підйомника, помилка оператора, така як неправильне використання контролів (НД1), може спричинити неправильний рух підйомника (НД2), що призведе до небезпечної ситуації (НС) і може призвести до аварії (А) або травми (Т).

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Удосконалення ножичного підйомника дає можливість збільшити швидкість підйому та опускання. Хоч збільшення швидкості незначне, це дає додаткову мотивацію працівникам, завдяки удосконаленню зможемо обслужити не 16 а 17 авто в день. Це покращення у продуктивності роботи має прямий економічний вплив.

Для оцінки економічного ефекту підйомника потрібно до наявного підйомника установити додатковий гідроциліндр та прорахувати загальні затрати на його встановлення (B_z) включаючи вартість моделі гідроциліндру потрібного розміру на ринку, такої як (B_r) «Циліндр гідравлічний з манометром 10 тонн Proflin 97310» за посиланням <https://proflin.net.ua/ua/p637618184>, вартістю 3400 грн. Додатково, наша установка вимагатиме витрат на ремкомплект для гідроциліндру (B_p) у сумі 1470 грн та електродів для зварювання (B_e) у сумі 230 грн.

Отже, сумарні затрати (B_z) обчислюються як:

$$B_z = B_r + B_p + B_e, \text{ грн} \quad (5.1)$$

$$B_z = 3400 + 1470 + 230 = 5100 \text{ грн.}$$

Згідно наших розрахунків удосконалений підйомник покращує ефективність роботи на 10%, за рахунок збільшення швидкості підйому. Тоді, за зміну тривалістю 8 годин СТО зможе обслуговувати не 16 автомобілів, а 17 автомобілів. Вартість однієї заміни в середньому складає 250 грн.

Тому ефект від кожного робочого дня становитиме 1 авто на 250 грн. Тоді удосконалення окупиться за формулою:

$$T_e = B_z / 250 \quad (5.2)$$

$$T_e = 5100 / 250 = 20.4 \text{ днів; приймаємо } 21$$

Таким чином, використання нового підйомника окупиться 21 день (якщо врахувати тільки робочі дні), тобто за 3 тижні..

6 ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У даній дипломній роботі було проведено аналіз конструкцій вантажопідійомників та їх переваг і недоліків в розділі 1. В результаті аналізу було обґрунтовано вибір типу та модернізацію підйомника тим що, ножичний підйомник має стійку конструкцію, забезпечує високу стабільність під час підйому, має високу вантажопідйомність. Крім того, він має компактні розміри, що ідеально для роботи в обмежених просторах, цей підйомник має достатню висоту підйому для більшості завдань обслуговування автомобілів.

Також було проведено аналіз конструкції ножичної платформи та вибір положення гідроциліндра у розділі 2. Розраховано параметри розташування двох шарнірних зсувних ножичних механізмів платформи навантажувача, а також параметри двошарнірного ножичного механізму. Проведено порівняльний розрахунок підйомників.

Загалом, гідравлічна паралельна ножична конструкція вантажопідійомника, якої загальний розмір невеликий, проста і компактна в будові, дозволяє зекономити кошти. Висоту підйому та рух штоку циліндра за результатами розрахунків можна збільшити в порівнянні з горизонтальною конструкцією (1725.80-1853.60мм). Такий підйомник чудово підійде для приміщень з обмеженими розмірами та рекомендується для використання у випадках коли потрібен підйомник з довшим маршрутом руху.

В розділі 3 удосконалено конструкцію підйомника шляхом порівняння різних схем розташування гідравлічних циліндрів, аналізу та порівняння двох схем розташування. Проведено розрахунок станини і ножичного штока, вибір матеріалу та розміру конструкції важеля. Здійснено вибір режиму керування. У висновку з порівняння статистичних даних, гідроциліндру ножичного механізму, тяга гідравлічного циліндра при розташуванні зправа нижче, ніж тяга циліндру, розташованого зліва, а їх відношення становить 0,66. Однак

ефективний хід поршня L при правому розташуванні на 112 мм більший, ніж при лівому.

Також було проведено аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимог безпеки під час експлуатації обладнання. Запропоновано план заходів з покращення охорони праці та моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій.

У економічній частині було прораховано загальні затрати на удосконалення конструкції ножичного підйомника і визначено, що витрати на додатковий гідроциліндр та розхідні матеріали для ножичного підйомника окупляться протягом 21 днів. Окрім незначного збільшення швидкості підйому та опускання ми отримаємо додатковий ефект у вигляді мотивації працівників, що прямо впливає на продуктивність роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Методичне забезпечення

1. Tom Denton. "Automotive Electrical and Electronic Systems". 2013, с. 683.
2. Tom Denton. "Advanced Automotive Fault Diagnosis". 2020, с. 396.
3. David Crolla. "Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body". 2009, с. 827.
4. Tim Gilles. "Automotive Service: Inspection, Maintenance, Repair". 2015, с. 1632.
5. Jack Erjavec. "Automotive Technology: A Systems Approach". 2018, с. 1728.
6. James E. Duffy. "Modern Automotive Technology". 2014, с. 1885.
7. Юрій Васильєв. "Гідравліка". 2011, с. 145.
8. Іван Гуменюк. "Гідравліка, пневматика та металорізальні верстати: навч. посібник". 2009, с. 210.
9. Олександр Красовський. "Гідравліка в сільському господарстві". 2013, с. 150.
10. Сергій Даниленко. "Гідравліка передача та її елементи". 2017, с. 180.
11. Анатолій Татарчук. "Гідравліка, гідроприводи та гідроавтоматика: навч. посібник". 2012, с. 230.
12. Віталій Лук'яненко. "Гідравлічні механізми: навчальний посібник". 2008, с. 160.
13. Михайло Шабанов. "Гідравлічні системи". 2019, с. 300.
14. Володимир Карнаухов. "Двигуни внутрішнього згоряння автомобілів: навч. посібник". 2014, с. 250.
15. Ігор Кириленко. "Діагностика та ремонт електронних систем автомобілів". 2015, с. 180.
16. Віталій Шахрай. "Експлуатація та ремонт автомобілів: навч. посібник". 2016, с. 210.

17. Анатолій Хоменко. "Ремонт автомобілів: підручник". Рік виходу: 2018, Кількість сторінок: 382.
18. Олександр Довженко. "Технічне обслуговування автомобілів". 2010, с. 220.
19. Володимир Крижанівський. "Технічне обслуговування та ремонт автомобілів: навч. посібник". 2013, с. 170.
20. Леонід Шинкаренко та Олег Хорунжий. "Технічне обслуговування та ремонт автомобілів: підручник". 2012, с. 240.