

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розроблення конструкції переносного гідравлічного підіймального домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів МАЗ 4371/4381 «Корнет»**

Виконав: студент групи Маш-22сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Олександр ГРИГОР'ЄВ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.
“ _____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Григор'єву Олександрю Сергійовичу

1. Тема роботи: **«Розроблення конструкції переносного гідравлічного підіймального домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів МАЗ 4371/4381 «Корнет»**

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 23.06.2023 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики гідравлічних підіймальних домкратів; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою підіймальних домкратів; методика розрахунку та проектування гідравлічних підіймальних домкратів; методика визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення машини.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.

2. Технологічна частина»

3. Конструктивна частина.

4. Охорона праці.

5. Економічна частина.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

1. Аналіз конструкції гідравлічних підіймальних домкратів - 1-ий аркуш.

2. Загальний вигляд гідравлічного підіймального домкрата - 2-ий аркуш.

3. Складальні одиниці та деталі гідравлічного підіймального домкрата – 3-ий аркуш.

4. Складальні одиниці та деталі гідравлічного підіймального домкрата – 4-ий аркуш.

5. Результати розрахунку показників економічної ефективності конструктивної розробки – 5-ий арк.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Березовецький С.А. к.т.н., доцент кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про вико- нання
1.	<i>Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»</i>	<i>23.01.23-17.02.23</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>	<i>20.02.23-17.03.23</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»</i>	<i>20.03.23-05.05.23</i>	
4.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці»</i>	<i>08.05.23-02.06.23</i>	
5.	<i>Виконання розділу: «Економічна частина»</i>	<i>05.06.23-16.06.23</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>19.06.23-23.06.23</i>	

Студент _____ Олександр ГРИГОР'ЄВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

УДК 621.22

Розроблення конструкції переносного гідравлічного підйимального домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів МАЗ 4371/4381 «Корнет».

Григор'єв О.С. – Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023.

50 с. текст. част., 24 рис., 4 табл., 20 джерел літератури, 5 арк. графіч. формату А1 (представлено у вигляді презентації).

Проведено аналіз конструкцій переносного гідравлічного підйимального домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині розроблено конструкцію гідравлічного підйимального домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів МАЗ 4371/4381 «Корнет».

З питань зниження травматизму і захворюваності представлено інструкцію з використання автомобільних домкратів, вимоги безпеки перед початком, під час та після роботи.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 56 714 грн., при терміні окупності протягом 0,22 року.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
1.1. Вантажний середньотоннажний автомобіль МАЗ 4371/4381 «Корнет»	7
1.2 Призначення та вимоги до конструкції домкратів	8
1.3 Класифікація конструкцій домкратів	11
1.4 Огляд та тенденції розвитку конструкції домкратів.....	18
1.5 Вибір та обґрунтування прийнятого варіанту конструкції.....	21
1.6 Будова та принцип дії гідравлічного домкрата	22
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1 Аналіз технологічності конструкції переносного гідравлічного підйимального домкрата.....	24
2.2 Розробка технологічного процесу збирання переносного гідравлічного підйимального домкрата.....	25
2.3 Складання переліку складальних робіт	27
2.4 Висновки по другому розділі	29
3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	30
3.1 Розрахунок конструкції	31
3.1.1 Кінематичний розрахунок конструкції	31
3.1.2 Розрахунок міцності шийки підхоплення.....	32
3.1.3 Перевірка осі на міцність.....	32
3.1.4 Перевірка осі 40 на зріз.....	34
3.1.5 Перевірка осі 20 на зріз.....	35
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	36
4.1. Охорона праці при роботі з використанням автомобільних домкратів.	36
4.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.	38
4.3. Вимоги безпеки під час роботи.....	38
4.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.	39
4.5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.	40
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	43
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49

ВСТУП

Ефективність використання автотранспортних засобів залежить від якості автомобілів зберігати в певних межах значення параметрів, що характеризують їх здатність виконувати необхідні функції. У процесі експлуатації автомобіля його функціональні властивості поступово погіршуються.

Для попередження появи дефектів та своєчасного їх усунення необхідне планування та впровадження у виробництво своєчасного та якісного технічного обслуговування із застосуванням засобів діагностики, що дозволить знизити витрати праці та коштів на виконання транспортних робіт. Проводити дорогий ремонт немає можливості, тому проведення своєчасного та якісного технічного обслуговування вантажних автомобілів дозволяє збільшити їхню працездатність та зменшити кількість ремонтів.

Саме завдячуючи ремонтним дільницям господарства з гідравлічними підйомниками ми можемо реалізувати своєчасне обслуговування вантажних автомобілів. Та інколи виникає потреба негайного ремонту техніки коли рівень завантаження підйомників є максимальний. Для таких моментів нами запропоновано застосування переносного гідравлічного підйомного домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів МАЗ 4371/4381 «Корнет», які за своєю продуктивністю нічим не уступають стаціонарним підйомникам. Перевагою таких домкратів є його мобільність, висока продуктивність роботи, велика висота підйому для великокліренсних вантажних автомобілів тощо.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Вантажний середньотоннажний автомобіль МАЗ 4371/4381 «Корнет»

Вантажний середньотоннажний автомобіль МАЗ 4371/4381 «Корнет» з колісною формулою 4x2 (рис. 1.1) є на сьогодні дуже затребуваний через свої технічні характеристики, вартість і популярність. Перебуваючи на передкваліфікаційній практиці у ТзОВ «СТАЛЬ МАЙСТЕР» переконався у їх наявності у ньому в кількості 5 одиниць. Даний вантажний автомобіль призначений для міських та приміських перевезень різних вантажів, оснащений малою 3-місною кабіною та тентованою платформою із заднім пологом, може використовуватися для перевезення різних видів вантажів.



Рис. 1.1 - Вантажний середньотоннажний автомобіль МАЗ 4371/4381 «Корнет»

Відмінною рисою автомобілів МАЗ є: надійність, комфортні умови роботи для водія, низькі експлуатаційні витрати, швидка окупність, сучасний дизайн, великий вибір моделей та комплектацій. Однак ремонт цих автомобілів у їх використанні має місце.

Завод спецтехніки "Техкомплект" для свого партнера харківської компанії ТОВ "Тек-Транс" (з лютого 2020 р. ця компанія входить до Міжнародного Автомобільного Холдингу "Соллі-ПЛЮС") підготувала новий

самоскид зі збільшеною вантажопідйомністю – не 5, а 6 тонн. Домогтися покращення технічних параметрів та ресурсів самоскида вдалося за рахунок використання як базового шасі МАЗ-4381. На відміну від молодшої моделі МАЗ-4371 "Корнет" із повною масою 10100 кг, МАЗ-4381 має повну масу 12 тонн, тому було логічним кроком запропонувати покупцям самоскид із великим значенням вантажопідйомності кузова з універсальним (трестороннім) розвантаженням.



Рис. 1.2 – Порівняльні світлини передньої та задньої ходової частини

Кліренс (висота дорожнього просвіту) передньої балки становить 230 мм, а от щодо заднього дорожнього просвіту (рис. 1.2), то тут виникає кілька проблем: відстань від дорожнього покриття до чухка заднього моста близько 320 мм (до рами автомобіля близько 700 мм, вага автомобіля становить 10,1 т, що не для кожного домкрата під силу (навіть якщо врахувати, що домкрат піднімає або передню, або задню частину не одночасно, то середня вантажопідйомність домкрата повинна становити не менше 6 т); вартість таких домкратів, залежно від типу, коливається в межах 18-40 тис.грн [4], що є досить дорого. Тому в даній кваліфікаційній роботі пропонуємо сконструювати такий домкрат, який за своїми технічними характеристиками не поступався б готовим пропонованим варіантам, а за ціною виготовлення їх переважав.

1.2 Призначення та вимоги до конструкції домкратів

Домкрат - це пристосування, як основна функція якого виступає підняття та фіксація вантажів на висоті. Призначення автомобільного домкрата -

підняття автомобіля, що дозволяє зняти або встановити колесо під час його заміни [1]. Домкрат автомобільний з товарознавчою точки зору відноситься до групи супутніх товарів [2], до підгрупи обов'язкове приладдя (водійський інструмент та приладдя), він входить у комплектацію будь-якого нового автомобіля і може бути придбаний у відділах запасних частин [3]. Він служить для робіт, що виконуються при технічному обслуговуванні та ремонті автомобіля. Все це наголошує на важливості домкрата у забезпеченні безпеки руху. Зручність домкрата у його мобільності. При підборі домкрата необхідно звертати увагу на такі технічні характеристики, що його характеризують:

1. Вантажопідйомність домкрата характеризує максимально можливу вагу вантажу, що піднімається, або максимальне зусилля, яке може розвинути домкрат. Для кожного домкрата є обмеження щодо ваги, порушувати які неприпустимо. У разі невідповідності вантажопідйомності домкрата спорядженій масі автомобіля, вказаній в інструкції з експлуатації автомобіля, та вазі вантажу, що перевозиться, можна зіпсувати домкрат при першому ж використанні, серйозно травмуватися і пошкодити автомобіль, оскільки домкрат не витримає навантаження. Автолюбителі найчастіше застосовують ромбічні домкрати, що мають невеликий запас вантажопідйомності (від 1,5 до 2 т), якого достатньо для підняття седана масою 1,3 т. Для роботи на сервісі, де обслуговуються автомобілі з різною масою, краще використовувати підкатний домкрат вантажопідйомністю 3 до 8 т. Для водіїв вантажних машин доцільно мати домкрати вантажопідйомністю від 15 до 30 т.

2. Максимальна висота підйому (максимальна вертикальна відстань, що виробляється вантажозахоплювальним механізмом) [4]. Здатність домкрата піднімати вантаж на певну висоту по відношенню до поверхні, де він встановлений, наприклад, для заміни колеса достатньо від 300 до 500 мм.

3. Найважливіший показник - висота підхвату (відстань по вертикалі від нижньої опори до підхоплення в нижньому робочому положенні), вона становить від 60 до 250 мм. Вибір висоти залежить від кліренсу (дорожнього просвіту) – відстані від нижньої кромки колеса до нижньої площини днища чи

порогів. Оскільки опора домкрата фіксується на важелях і порогах, необхідно підбирати відповідний домкрат. Цей показник критичний для автомобілів із невеликим кліренсом, надто високий домкрат просто не поміститься під машину. Якщо кліренс автомобіля не перевищує 150 мм, краще віддати перевагу підкатним або гвинтовим моделям, вони мають підхоплення від 60 до 90 мм.

4. Робочий хід – відстань між нижнім та верхнім робочим положенням підхвату.

5. Власна вага – вага домкрата у робочому стані.

6. Стійкість домкрата - збереження робочого стану незалежно від впливу різних факторів (пориву вітру, неправильної установки, площі опор, жорсткості з'єднання деталей, нерівної робочої поверхні тощо).

7. Нижня опора домкрата за рахунок форми поверхні запобігає бічному ковзанню та забезпечує мінімальне вдавлювання в ґрунт при заданій вантажопідйомності.

8. Зусилля на приводній рукоятці - сила, що прикладається користувачем під час підняття вантажу. Показник пов'язаний з масою вантажу, який необхідно підняти, та різновидом домкрата.

9. Універсальність – можливість використання для підняття автомобілів усіх типів.

Домкрати повинні відповідати низці вимог, викладених у нормативній документації [1]. Розглянемо деякі з них.

Функціональні вимоги. Характеризуються здатністю домкрата виконувати свою функцію, вирішувати дві задачі: - Забезпечення заміни колеса; забезпечення руху у разі складних дорожніх умов, по поганих дорогах та поза дорогами.

Вимоги щодо надійності. Домкрати належать до групи 2 неремонтованих виробів виду 1 (ГОСТ 27.003-90. Надійність у техніці. Склад та загальні правила завдання вимог щодо надійності).

Термін служби – щонайменше 10 років. Оцінка на довговічність провадиться за граничним станом (виробіток до 90% ресурсу). Критерії граничного стану це – тріщини, деформації, розриви на несучих елементах та ін. Підтверджується надійність випробуваннями, що проводяться за відповідними методиками.

Естетичні вимоги. Домкрат повинен бути сучасним за формою, мати яскраве забарвлення, відповідати технічному рівню та сміливому дизайну сучасних автомобілів автозаводу.

Вимоги щодо ергономіки. Домкрат повинен перебувати у транспортному місці всередині автомобіля та бути доступним без вивільнення салону чи багажного відділення. Установка домкрата на штатному місці повинна забезпечувати безпечний та оптимальний підйом та опускання автомобіля.

Рукоятка має бути зручною в експлуатації, не повинна торкатися поверхні руки та землі під час роботи.

Вимоги до корозійної стійкості та впливу агресивних середовищ.

Вимоги до екологічної безпеки. Рисайклінг.

Вимоги щодо безпеки.

Вимоги до конструкції з погляду логістики. Під час перевезення деталей та вузлів з різьбовими з'єднаннями вони повинні бути захищені від попадання вологи та сторонніх предметів. Не допускається перевезення в забруднених транспортних засобів.

Вимоги до маркування та ідентифікації. На домкраті наноситься маркування, яке має зберегтися і бути читаним весь період експлуатації (термін служби). Зміст маркування нормується.

1.3 Класифікація конструкцій домкратів

В основі класифікації домкратів, як і будь-якої іншої сукупності, лежать класифікаційні ознаки: вантажопідйомність, вага, конструкція, тип приводу тощо.

Залежно від мобільності вони бувають стаціонарні та пересувні. У кваліфікаційній роботі розглядаються пересувні домкрати для вантажних автомобілів.

Залежно від типу приводу домкрати випускаються механічного, гідравлічного, електричного та пневматичного типів.

Відповідно до міжнародного стандарту є такі види приводів для підйомних пристроїв:

- ручний (тяга створюється м'язовою силою);
- пневматичний (приведення в дію за допомогою стисненого повітря);
- гідравлічний (приведення в дію здійснюється за допомогою гідравлічної рідини, яка перебуває під тиском);
- електричний (приведення в дію здійснюється за допомогою електричної енергії);
- механізований підйомний пристрій (підйомний пристрій, що приводиться в дію не за допомогою фізичної сили) [4].

Домкрати механічного типу (рис. 1.3) - підйом вантажу відбувається при обертанні ручки, причому прикладаються значні зусилля. Даний тип підходить для водіїв легкових автомобілів та у випадках рідкісного застосування. Механічний підйомний пристрій згідно з німецького стандарту – підйомний пристрій, де вантаж переміщається за допомогою ручних, механічних засобів [4].

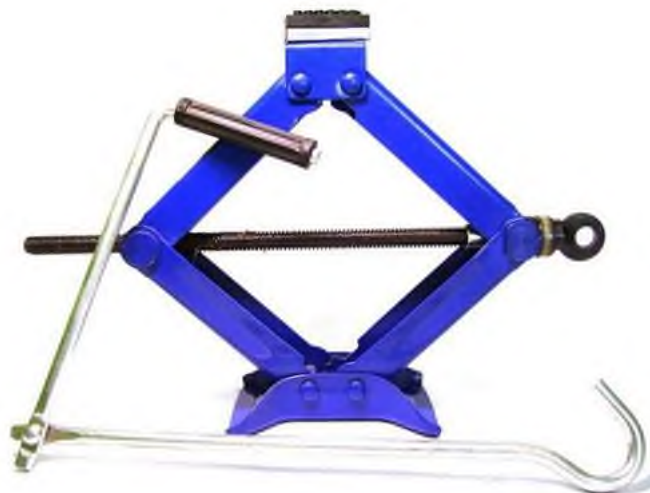


Рис. 1.3 – Зовнішній вигляд домкрата механічного типу

Домкрати гідравлічного типу (рис. 1.4) - підйом вантажу забезпечується за рахунок створення тиску в циліндрі за допомогою робочої рідини, проте на відміну від механічних аналогів для підняття не потрібно багато зусиль. Такі домкрати бувають різної вантажопідйомності, мають просту конструкцію, але мають великі розміри.

Гідравлічні домкрати підходять для частих застосувань, однак їм потрібні особливі умови перевезення.

Залежно від конструкції гідравлічні домкрати бувають одноплунжерні та двоплунжерні. Наявність різних типів приводу дозволяє виділити ручні періодичної дії та електричні безперервної дії. Гідравлічні підйомні пристрої бувають із захватами або без хватів, із вбудованим насосом або без нього [4].



Рис. 1.4 - Зовнішній вигляд домкрата гідравлічного пляшкового типу

До найпоширеніших видів домкратів гідравлічного типу можна віднести універсальний одноштоковий пляшковий домкрат, телескопічний двоштоковий домкрат, спеціальний домкрат, дворівневий (суміш підкатного та пляшкового), гідравлічний ромбовий домкрат та універсальний зачіпний. Асортимент зазначених видів представлений сьогодні багатьма виробниками та відрізняється великою різноманітністю.

Підкатні домкрати (рис. 1.5) чудово експлуатуються для ремонту різних моделей автомобілів. У конструкції підкатного домкрата є довга ручка, яка забезпечує низькі трудовитрати на піднімання вантажу. З низького сталевого корпусу на коліщатках плунжером висувається важіль із підйомною п'ятою.

Відрізняється горизонтальним розташуванням робочого циліндра, однак при роботі з таким домкратом необхідна рівна та тверда поверхня.



Рис. 1.5 - Зовнішній вигляд домкрата гідравлічного підкатного типу

Домкрати надувного (пневматичний) типу (рис. 1.6) - для роботи цих пристроїв необхідне джерело стисненого повітря, вони потребують мінімальних зусиль водія. Робота пневматичного домкрата забезпечується наступною конструкцією: плоска гумокордна оболонка (складається зі спеціальної тканини), яка збільшується в обсязі під час роботи за рахунок подачі до неї стисненого повітря, і відбувається підйом. Стиснене повітря подається або з балонів з інертним газом (стисненим повітрям), або з автомобільних компресорів або стаціонарних. Використовують їх для робіт різної складності та спрямованості, на будь-якій поверхні (пухкий, нерівний ґрунт). Головний недолік надувних домкратів – висока вартість.



Рис. 1.6 - Домкрат надувний повітряний ARB Bushranger 72x10 4 тонни

Недоліки, які має пневматичний домкрат (рис. 1.7), випливають з його конструкції. Постійний тиск у об'ємі утримувати досить важко, наслідком чого буде зменшення висоти підйому. Надувний (пневматичний) домкрат вимагає дбайливого відношення, адже велика можливість пошкодити обшивку, крім того, він має обмежений термін служби, пов'язаний із зносом еластичного матеріалу.



Рис. 1.7 - Зовнішній вигляд надувного домкрата

Домкрати електричного типу (рис. 1.8) – сучасний напрямок у розвитку конструкції домкратів зі своїми перевагами та недоліками.

Використовується комбінація звичайного механічного виробу та електричного двигуна з редуктором. Такий електричний домкрат має вантажопідйомність до двох тонн та запитується від мережі автомобіля. Управління ним здійснюється з додаткового пульта, підключення до мережі відбувається через прикурювач. Перевагою, якою володіє електричний домкрат, є простота використання. Він здатний функціонувати в найжорсткіших умовах, у яких може бути водій.



Рис. 1.8 – Зовнішній вигляд домкрата електричного типу

Залежно від конструкції та призначення домкрати бувають гвинтові, рейкові, гідравлічні та підкатні. Гвинтові (рис. 1.9) - піднімають автомобіль на висоту до півметра, відрізняються простою конструкцією, хорошими експлуатаційними параметрами, якістю та надійністю, популярні серед автолюбителів. Вони мають вантажопідйомність – до 15 т, при цьому самі мають невелику вагу. Основними перевагами гвинтових домкратів є висока міцність та стійкість, суттєвий робочий хід, низька ціна. Типовим представником гвинтового домкрата є ромбічний домкрат, що використовується в основному для вивішування однієї пари колісабо ж одного колеса.



Рис. 1.9 – Зовнішній вигляд ромбічного домкрата

Рейкові (рис. 1.10) - належать до одним з найбільш поширених для різноманітних робіт, вони прості і зручні в експлуатації та обслуговуванні, їх можна використовувати і у вертикальному, і в горизонтальному положенні. Рейкові домкрати чудово підходять для підйому вантажів вагою до 6 т, від 6 до 15 т і понад 15 т, для цих цілей використовують домкрати одно, двох або триступінчастої передачі. Для рейкових домкратів характерним є те, що кінець рейки відігнутий на 90 градусів. Вони відрізняються великим робочим ходом та висотою підйому. До їх переваг можна віднести компактність і плавність ходу, а також високий ККД (до 0,85). Рейкові домкрати бувають двох видів: важільні та зубчасті. Важільні мають конструкцію, яка включає приводний важіль, що хитається, що висуває рейку. У зубчастих замість приводного важеля використовується шестерня, яка обертається за допомогою приводної рукоятки та висуває рейку.



Рис. 1.10 – Зовнішні вигляди рейкових домкратів

Завдяки простій конструкції, надійності та ефекту самоблокування, гвинтові домкрати широко застосовуються у різних сферах. І насамперед – це, звичайно, традиційне застосування таких домкратів для підйому невеликих вантажів у побуті та промисловості, у конструкції, коли домкрат приводиться в дію м'язовою силою оператора. Крім цього гвинтові домкрати широко застосовуються як виконавчі пристрої в різних побутових і промислових механізмах. Основний приклад - це лінійні приводи (актуатори), які конструкційно є гвинтовими домкратами з черв'ячною або шестеренною передачею.



Рис. 1.11 - Лінійний актуатор з черв'ячною передачею

Для впорядкування та систематизації широкого асортименту домкратів використовується метод кодування, що дозволяє кожному домкрату присвоїти

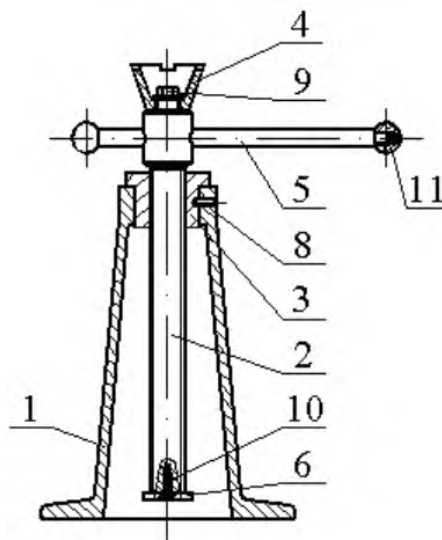
своє кодування умовне позначення. Розглянемо на конкретному прикладі. ДУ50Г200 - ДУ - домкрат універсальний; 50 - вантажопідйомність 50; Г – гідравлічне повернення поршня; 200 – хід поршня 200 мм.

Перший знак означає найменування виробу – домкрат; другий – модель, Г – вантажний, Т – телескопічний, У – універсальний та інші; третій – тип матеріалу; четвертий – вантажопідйомність; п'ятий – тип повернення поршня, П – пружинне повернення, Г – гідравлічне повернення, М – гравітаційне повернення, шостий – хід поршня, мм.

1.4 Огляд та тенденції розвитку конструкції домкратів

Розглянемо будову та принцип дії окремих видів домкратів.

Гвинтові домкрати. Працездатність гвинтових механізмів залежить від гвинта та гайки, які складають гвинтову пару. Так як подібний домкрат зазнає сильної односторонньої дії навантаження на гвинт, в таких конструкціях, найчастіше, застосовується завзяте різьблення. У ролі несучих елементів виступають сталевий корпус та гвинт. Утримання вантажу у потрібному положенні відбувається за рахунок гальмування гвинта. Основні елементи гвинтового домкрата представлені на рис. 12.

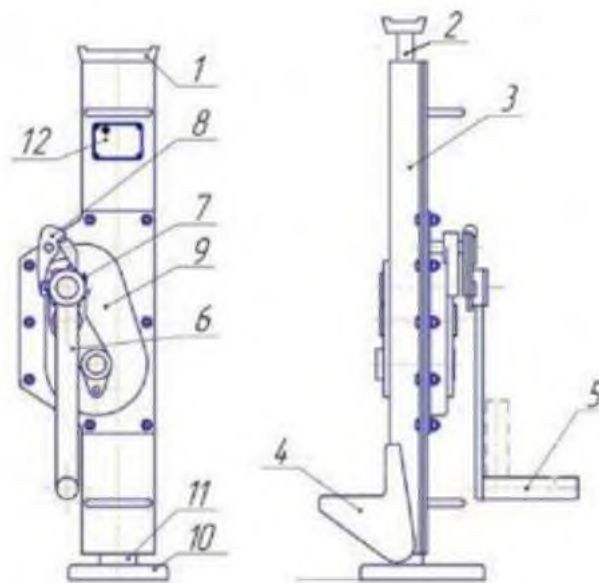


1 – корпус; 2 - гвинт; 3 – гайка; 4 – п'ята; 5 – рукоятка; 6 – шайба; кріпильні деталі: 8 – стопорний гвинт; 9 – гайка; 10 - гвинт; 11 - шайба

Рис. 1.12 - Конструкція гвинтового домкрата

Всередині корпусу 1, що являє собою порожнистий конус, встановлена гайка 3. Стопорний гвинт 8 запобігає повертанню або випаданню гайки в залежності від способу її встановлення. Рукоятка 5 рухає гвинт 2. Повертаючись у нерухомій гайці, гвинт переміщається поступально, піднімаючи або опускаючи вантаж залежно від напрямку обертання рукоятки. Вантаж спирається на п'яту 4, яка зафіксована на гвинті за допомогою гайки 9. На поверхні контакту гайки та п'яти для зменшення сили тертя застосовується мастило. Шайба 6, прикріплена до нижнього кінця гвинта гвинтом кріплення 10, не дозволяє повністю вигвинтити гвинт з гайки, що забезпечує безпеку роботи.

Рейкові домкрати. Основною деталлю рейкового домкрата є вантажонесуча сталева рейка з опорною чашкою для вантажу. Основні елементи рейкового домкрата представлені на рис. 13.



1 – головка; 2 – зубчаста рейка; 3 – корпус; 4 – лапа; 5,6 – рукоятка; 7,8,9 – храповий механізм; 10 - основа; 11 – втулка; 12 - дані виробника

Рис. 1.13 - Конструкція рейкового домкрата

Важлива особливість рейкового домкрата - це низьке розташування підйомного майданчика, висота якого може становити лише 90 мм. Нижній кінець рейки (лапа) має прямий кут, така конструкція дозволяє підняти вантаж

навіть із низько розміщеною опорною поверхнею. Піднято на рейці вантаж утримується стопорними пристроями.

Домкрати гідравлічні. Основні несучі елементи: корпус, поршень (плунжер), що висувається, і робоча рідина. Корпус є напрямним циліндром для поршня та резервуаром для робочої рідини (рис. 1.14). Посилення від приводної рукоятки передається через важіль на нагнітаючий насос. При русі вгору рідина з резервуара подається в порожнину насоса, а при натисканні нагнітається в порожнину робочого циліндра, висуваючи плунжер. Принцип роботи будь-якого ручного гідравлічного домкрата заснований на несжиманості рідини та використанні двох робочих циліндрів різних діаметрів за принципом судин, що сполучаються. При накачуванні робочої рідини за допомогою плунжера з маленьким діаметром відбувається збільшення кількості робочої рідини у великому циліндрі та, відповідно, переміщується вантаж. Підбираючи діаметр поршнів і залишаючи прийнятну величину зусилля на рукоятці, можна сконструювати гідравлічний домкрат з вантажопідйомністю до 100 тонн.



Рис. 1.14 – Елементи конструкції гідравлічного пляшкового домкрата

Домкрат механічний ромбічний (рис. 1.9). Сьогодні багато автолюбителів віддають перевагу саме цьому домкрату з наступних підстав:

- проста конструкція, що складається з кількох сталевих планок (важелів) ромбічної форми, що становлять єдину раму;

- конструкція сприяє рівномірному навантаженню при підйомі та високій стійкості;

- універсальність моделі;

- компактність, оперативність підготовки до роботи.

Несучий елемент таких домкратів складається з чотирьох важелів, які шарнірно з'єднані між собою і утворюють ромб, по діагоналі якого розташований гвинт. Шарнірно-важільний механізм утворений двома парами важелів (верхній та нижній правий, верхній та нижній лівий) шарнірно з'єднаних один з одним за допомогою осьового стрижня (гвинта).

Вивчення наявних аналогів показало, що товщина металу, з якого зроблено домкрат, становить найчастіше 2,0 мм. Товщина металу важелів – 2,0 мм. Зубці в шарнірних з'єднаннях домкрата виконані штампуванням, їх параметри коливаються, вони можуть мати ширину 6,0; 6,2; 8,0 мм, товщина металу з якого виготовлені зубці становить 1,8; 2; 2,5 мм. Підняття (опускання) відбувається за зміни кутів ромба. Конструкція ромбічного домкрата може бути симетрична (рис. 1.9) та асиметрична (рис. 15) [4].



Рис. 1.15 - Асиметрична конструкція ромбічного домкрата

1.5 Вибір та обґрунтування прийнятого варіанту конструкції

Багато автомобілістів вже через рік після покупки нового автомобіля змушені міняти домкрат. Деякі виробники вантажних своєю продукцію домкратами або не оснащують, або комплектують невідповідними. Враховуючи, що домкрат входить у комплектацію будь-якого автомобіля, і автозавод купує домкрати у різних виробників, стало завдання розробити універсальний домкрат високої якості власного виробництва. Вибір зупинився

на підкатному домкраті гідравлічного типу оскільки він має ряд переваг – ефективність при мінімальних затратах; високу вантажопідйомність; відмінну стійкість конструкції; надійну фіксацію висоти. До недоліків таких домкратів можна віднести необхідність рівного асфальтованого майданчика для роботи; замерзання масла всередині гідравлічного домкрата при низьких температурах і, основне, його висока вартість.

1.6 Будова та принцип дії гідравлічного домкрата

Гідродомкрат з ручним приводом (рис. 1.16) має резервуари А, Б, В, заповнені робочою рідиною й сполучені між собою каналами. У резервуарі А під дією ручного насоса, який складається з плунжера 1 і рукояті 2, створюється високий тиск (до 30 МПа). Рекомендовані параметри ручного насоса:

- діаметр насосного плунжера $d_{\text{пл}}=(8...10)$ мм;
- співвідношення плечей рукояті $l/c = 8... 12$.

У резервуарі Б, який має більший діаметр $Z)n$, переміщується підйомний плунжер 3.

Резервуар В є баком для робочої рідини.

У каналах, що з'єднують резервуари А, Б, В, розташовуються нагнітальний 6, всмоктувальний 5 та спускний 4 клапани, які забезпечують рух рідини каналами лише в одному напрямку.

Принцип дії гідродомкрата такий. Під час ходу насосного плунжера 1 догори робоча рідина через клапан 5 всмоктується з резервуара В до резервуара А. Зворотним примусовим опусканням плунжера 1 робоча рідина спрямовується через клапан 6 з резервуара А до резервуара Б, що приводить до піднімання плунжера 3 на певний крок. Повторення циклів «піднімання-опускання» насосного плунжера 1 (за допомогою рукояті насоса) призводить до піднімання плунжера 3 на потрібну висоту та відповідного переміщення вантажу.

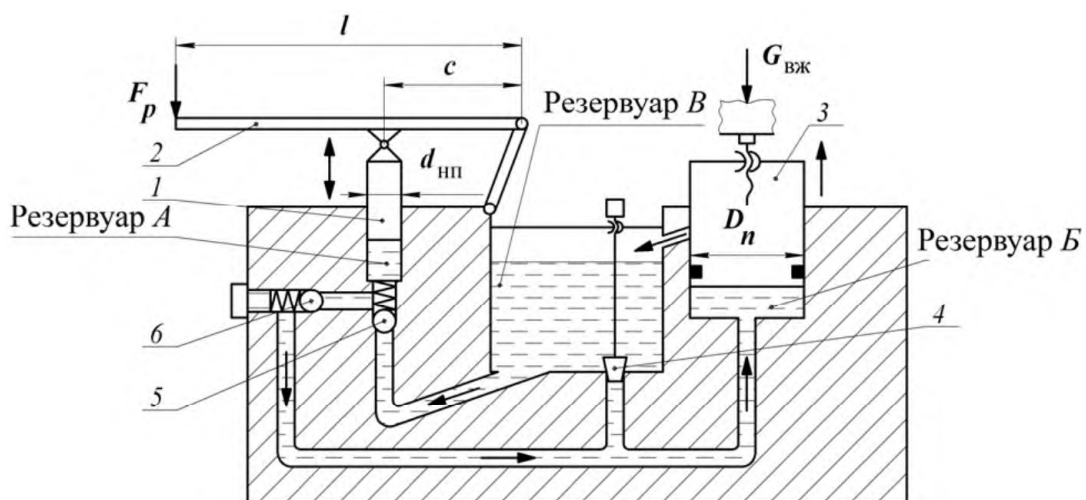


Рис. 1.16 - Принципова схема гідродомкрата

Повернення рідини з резервуара Б до резервуара В здійснюється через окремий канал і спускний клапан 4, за допомогою чого відбувається опускання вантажу. Оскільки діаметр та хід насосного плунжера невеликі, рідина подається в порожнину Б малими порціями, що забезпечує піднімання вантажу з кроком висоти від 0,5 мм за один поштовх рукояті.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції переносного гідравлічного підйимального домкрата

Технологічність конструкції розглядають як сукупність конструктивних та технологічних рішень, які забезпечують застосування прогресивної технології та організації виробництва, що дозволяють отримати найменшу собівартість та високу якість виробів за невеликих витрат часу, праці та матеріалів [15]. Конструкції сучасних переносних гідравлічних підйимальних домкратів – це результат вдосконалення технічних розробок, впровадження нових матеріалів та методів їх обробки, оптимізації експлуатаційних властивостей кінцевого продукту.

На рис. 2.1 представлений складальний кресленик переносного гідравлічного підйимального домкрата. Основними конструктивними елементами даного домкрата є: 1 рама, 2 гідроциліндр, 3 стріла, 4 опора задня, 5 опора передня, 6 важіль верхній, 7 важіль нижній.

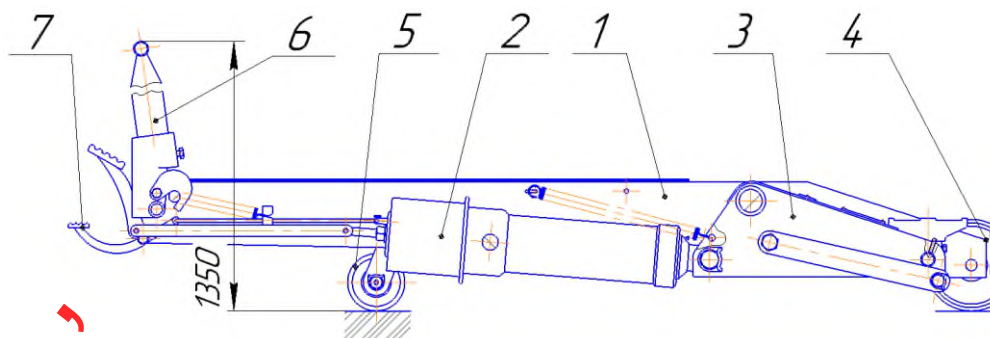


Рис. 2.1 – Переносний гідравлічний підйимальний домкрат в зборі.

Деталь-гвинт, виготовлений з конструкційної сталі марки «Сталь 45», є основною деталлю при складанні домкрата. Основні поверхні деталі обробляються з високою точністю та малою шорсткістю поверхні.

За заводським технологічним процесом заготовка виходить з прокату, що значно збільшує відхід металу в стружку та час на обробку. В цілому деталь має просту форму і не викликає труднощів при обробці, так як легко

забезпечується доступ до всіх оброблюваних поверхонь різальним інструментом. Вимоги до конструкції домкрата, які висуваються умовами виробництва, нескладні. Технологічний процес складання домкрата дозволяє робити установку деталей легко, без особливих перешкод з боку раніше встановлених.

З'єднання верхньої опори та верхніх важелів здійснюється за допомогою розвальцювання штифтів. З'єднання нижньої опори та нижніх важелів здійснюється за допомогою розвальцювання штифтів. Ці сполуки є нероз'ємними, тому що без порушення неможливо розібрати. Належать до 3 класу. З'єднання гвинта з віссю-гайкою є роз'ємним, рухомим з'єднанням, оскільки розуміється. З'єднання гвинта домкрата з верхнім та нижнім важелями здійснюється за допомогою отвору в осі. Це з'єднання рознімне.

На підставі вищесказаного конструкцію виробу можна вважати технологічною [17-20].

2.2 Розробка технологічного процесу збирання переносного гідравлічного підйимального домкрата

Складання будь-якого виробу є найважливішою операцією технологічного процесу. Удосконалення технологічних методів складання має першорядне значення, оскільки на якість готового виробу суттєво впливає якість складальних операцій. Послідовність і склад складання визначають конструкція виробу, що збирається, і ступінь диференціації операцій складання. Серйозна роль для поліпшення якості складальних робіт відводиться технологічним схемам складальних операцій, що дає найбільш повне та наочне уявлення про складальні властивості виробу, про його технологічність та можливості обмеженості процесу складання. У найпростіших випадках схема складального складу виробу є одночасно і технологічною картою збирання. Для складного виробу доцільно розробити окремо укрупнену логічну схему для загального складання та технологічні карти для складання окремих складальних одиниць.

Технологічна схема складання показує, у якій послідовності необхідно приєднувати та закріплювати один до одного елементи, з яких збирається виріб. Технологічна схема складання - це графічне відображення складу та послідовності складання деталей у вузли. Вона є первинним документом, що дає уявлення про процес збирання, на підприємствах розробкою схеми збирання на підставі наявної конструкторської документації на аналогічні процеси збирання займається технологічна служба. У разі відсутності таких процесів складання технологічну карту розробляють з урахуванням новітніх технологій і накопиченого досвіду в даній галузі. При проектуванні процесів складання враховуються основні напрями розвитку галузі, створені задля підвищення продуктивності праці, впровадження сучасних форм організації складальних операцій, зниження трудомісткості процесу [17, 19].

Технологічна схема складання: 1) відображає повну структуру та порядок комплектування виробу в часі; 2) служить першим етапом проектування ліній складання (планування ділянок складання); 3) дозволяє з безлічі варіантів складання вибрати оптимальний варіант; 4) сприяє відпрацюванню виробу на технологічність; 5) значно полегшує проектування всього технологічного процесу складання. При розробці технологічної схеми збирання спочатку визначається базова деталь (або вузол), уточнюється наявність складальних одиниць, потім встановлюється розподіл виробу на деталі [16].

Під деталлю при складанні складання розуміють первинний елемент виробу (базова деталь), характерною ознакою якого є відсутність у ньому роз'ємних та нероз'ємних з'єднань. Складальна одиниця являє собою елемент виробу, що складається з двох або більше деталей, з'єднаних в одне ціле, що не розпадається при зміні положення в вузлі або підвузлі. Характерною відмінною ознакою складальної одиниці є можливість її складання незалежно від інших елементів виробу. Технологічну схему складання складаємо на основі складального креслення виробу. Кожен елемент виробу зображатимемо у вигляді прямокутника, розділеного на три частини. У його верхній частині дається найменування виробу, у лівій нижній частині вказуємо числовий

індекс, що відповідає номеру даного елемента на складальному кресленні і згідно з прийнятою специфікацією, у правій нижній частині кількість елементів, що приєднуються.

2.3 Складання переліку складальних робіт

Перелік виконаний у вигляді таблиці 2.1, що містить найменування складальних робіт у послідовності, що диктується технологічною схемою складання, а також тривалість кожної операції. Ці роботи дуже різноманітні, і їх можна визначити лише при обліку та аналізі конкретних умов збирання. Тривалість усіх складальних робіт – 9 хв. Виробнича ділянка складання домкрата включає 3 робочі місця, причому час виконання операцій на кожному робочому місці становить 3 хв, що свідчить про ефективне використання робочого часу.

Таблиця 2.1 - Перелік складальних робіт

№ операції	Зміст робіт	Оперативний час (хв)
1	2	3
1	Оглянути стан деталей на наявність дефектів, перевірити основні розміри.	0,3
2	Поєднати співвісно отвори під штифти опори нижньої поз.4 з отворами важелів нижніх правим поз.8 і лівим поз.3 в пресовому оснащенні №1.	0,2
3	Вставити 2 нижні штифти поз.9.	0,2
4	Запресувати штифти на пресі №1, оснастці №1.	0,8
5	Поєднати співвісно отвори під штифти опори верхньої поз.5 з отворами важелів верхніх лівим поз.2 та правим поз.7 у пресовому оснащенні №2.	0,2
6	Вставити 2 верхні штифти поз.10.	0,2
7	Запресувати штифти на пресі №1 та оснастці №2.	0,8
8	Оглянути відсутність неприпустимих дефектів і передати зібрані вузли на стіл складальний №2	0,5
9	Зібрати верхні, нижні важелі і вісь у пресовій оснастці, сумісивши співвісно отвори під вісь і вставивши в отвір вісь поз.13.	0,4

Продовження табл. 2.1

1	2	3
10	Запресувати вісь на пресі №2.	0,8
11	Зібрати верхні, нижні важелі з віссю та вісь-гайку в пресовому оснащенні, сумісивши співвісно отвори під вісь-гайку, вставивши в отвір вісь-гайку поз.11. Встановити передні, задні коліщата	0,6
12	Запресувати вісь-гайку на пресі №2	0,8
13	Оглянути відсутність неприпустимих дефектів і передати зібраний вузол на стіл складальний №3.	0,4
14	Зібрати гідроциліндр з хвостовиком поз.16, шайбою поз.15 та бронзовою втулкою поз.14.	0,3
15	Просунути гідроциліндр через поз.13 зібраного домкрата, обмежувальну втулку поз.12	0,2
16	Притиснути обмежувальну втулку до осі з одного боку, з іншого боку хвостовик і помістити в пресове оснащення.	0,2
17	Запресувати обмежувальну втулку та хвостовик на пресі.	0,7
18	Оглянути відсутність неприпустимих дефектів і передати зібраний вузол на стіл складальний №4.	0,4
19	Змастити осі мастилом.	0,2
20	Полку опори верхньої протерти ганчіркою, змоченою ацетоном.	0,1
21	На полицю опори верхньої нанести клей відповідно до інструкції із застосування клею	0,1
22	Накладку поз.6 короткочасно притиснути до полиці опори.	0,1
23	Укомплектувати домкрат важілем поз.17.	0,1
24	Повний контроль зовнішнього вигляду домкрата та його функціональності.	0,5
25	Укомплектувати домкрат з важілем в зборі посібником з експлуатації, гарантійним талоном та упакувати	0,1
	Разом	9

Для контролю діаметральних розмірів використовують скоби, кільця, мікрометр, штангенциркуль; лінійних розмірів - штангенциркуль, шаблони,

калібри; отворів – пробки. Для контролю різей застосовуються комплексні калібри. Шорсткість перевіряється профілометром.

До особливостей описаної конструкції можна віднести відносну складність виготовлення домкрата, зумовлену наявністю технологічної операції - розвальцювання кінцевих ділянок осі, що з'єднує важелі кожної пари шарнірно-важільного механізму, що потребує спеціального обладнання та, відповідно, додаткових фінансових витрат.

Трудомісткість складання домкрата визначається як сума часу, витраченого безпосередньо на складання виробу, часу обслуговування та підготовки робочих місць, а також часу, що надається робітникам для відпочинку. Час, витрачений безпосередньо на складання домкрата дорівнює сумі часу виконання всіх переходів.

Сумарну трудомісткість обчислюємо використовуючи коефіцієнти, що враховують витрати часу на обслуговування робочих місць та перерви:

$$T_{\text{заг}} = 9.00 + 9.00 \times (2+4)/100 = 9.54 \text{ хв}$$

де α – частина часу, яка витрачається на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, прийmemo $\alpha = 2\%$;

β – частина часу, яка витрачається на перерви для відпочинку робітників, прийmemo $\beta = 4\%$.

2.4 Висновки по другому розділі

Заключним та найважливішим етапом виготовлення домкрата є складання. У процесі складання виявляються розрахункові та конструкторські похибки, порушення технологічних процесів, прорахунки у підборі матеріалів та ін. У розділі спроектовано технологічний процес складання переносного гідравлічного домкрата, проведено аналіз технологічності конструкції, розроблено технологічну схему складання виробу. Розроблено технологічний процес збирання виробу, складено перелік складальних робіт.

3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

Під час проведення технічного обслуговування вантажних автомобілів найчастіше доводиться піднімати передню чи задню частину автомобіля.

Нами пропонується "гідравлічний підйомник" для підйому переднього або заднього мостів автомобіля.

Підйомник є візком, з двома парами коліс. Для збільшення маневреності задні колеса виконані поворотними. На рамі гідравлічного пристосування змонтовані основні його вузли: механізм підйому і управління, силовий апарат, елементами яких є дві педалі 1 (рис 3.1), важіль 2, тяга 3, вісь 4, стріла 5, напрямні планки 6, підхоплення 7, п'ята 8.

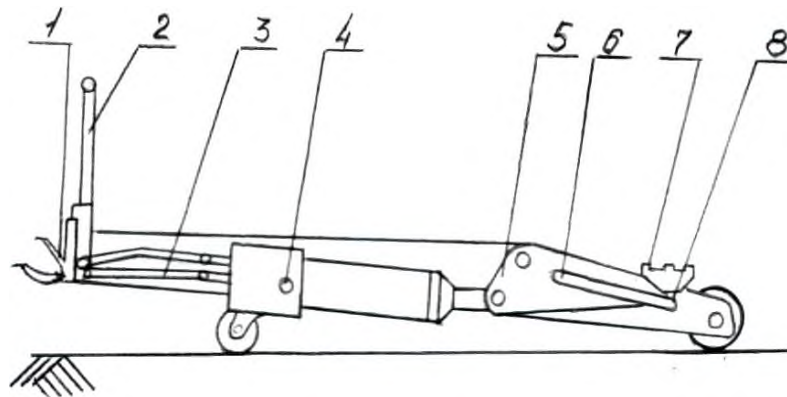


Рисунок 3.1 – Схема гідравлічного підйомника для проведення ТО автомобілів

Принцип роботи пристрою наступний. Пристосування підкочують під автомобіль, потім встановлюють так, щоб підхоплення знаходилося під мостом автомобіля. Піднявши автомобіль на необхідну висоту важелем пристрою, піднімається стріла і встановлюються підставки під міст автомобіля.

У цьому положенні відбувається технічне обслуговування та ремонт вузлів та агрегатів автомобіля.

Технічна характеристика пристосування:

Тип – гідравлічний;

Висота підхоплення над підлогою, мм – 165;

Висота підйому на підлогу, мм – 650;

Робоча рідина - олива індустріальна І20А ГОСТ20799-75;

Габаритні розміри, мм – 1630*1350*440.

На аркушах графічної частини кваліфікаційної роботи представлені складальні креслення підкатного гідравлічного домкрата в цілому, стріли, а також робочі креслення окремих деталей.

3.1 Розрахунок конструкції

3.1.1 Кінематичний розрахунок конструкції

Переміщення стріли під дією поршня силового циліндра щодо осі А відбувається по колу на кут в 60° (рис. 3.2).

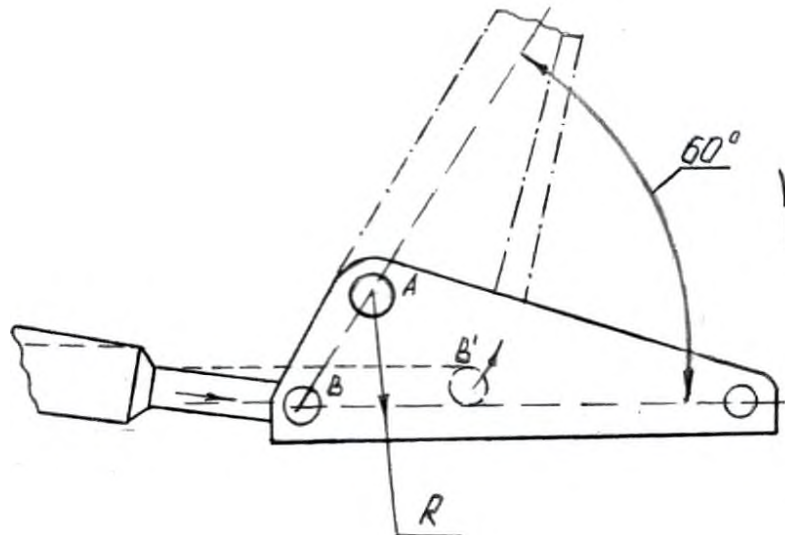


Рис. 3.2 – Схема переміщення стріли

Щоб визначити довжину ходу поршня скористаємося формулою довжини кола, тому кожна точка стріли здійснюватиме рух по колу.

$$L = \pi \cdot D = 2\pi \cdot R, \quad (3.1)$$

де R - радіус переміщення точки - місця кріплення штока поршня, до стріли пристосування, мм.

Але оскільки стріла переміститься не так на 360° , а лише на 60° , то переміщення складе $1/6$ частина повної довжини кола. Тоді довжина ходу визначиться за такою формулою:

$$L = \frac{2\pi \cdot R}{6}, \quad (3.2)$$

$$L = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 125}{6} = 130,8 \text{ мм.}$$

3.1.2 Розрахунок міцності шийки підхоплення

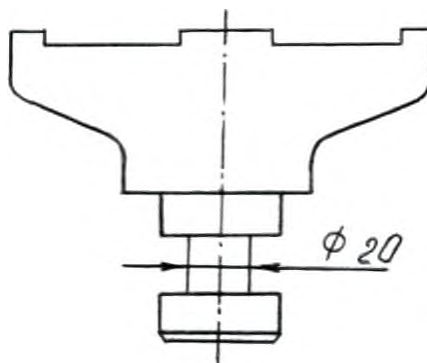


Рис. 3.3 - схема підхоплення для перевірки шийки

Матеріал – сталь 40Л;

Термообробка – покращення;

Допустима напруга стиснення $[\sigma_{cm}] = 230$ МПа.

Чинне значення напруг стиснення визначимо за такою формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2}, \quad (3.3)$$

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \cdot 63000}{3,14 \cdot 0,02^2} = 201000000 \text{ Па або } 201 \text{ МПа.}$$

Оскільки $\sigma_{cm} < [\sigma_{cm}]$, то міцність підхвату забезпечена.

3.1.3 Перевірка осі на міцність

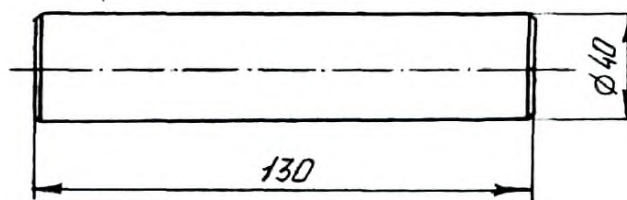


Рис. 3.4 – Схема осі пристосування

Приймаємо матеріал сталь Ст.3 ГОСТ 535-79. Допустима напруга згину $[\sigma_{зг}] = 125$ МПа. Допустима напруга зрізу $[\tau_{зр}] = 95$ МПа.

Розглянемо вісь, як балку жорстко закріплену з двох кінців. Будуємо епюру згинального моменту.

$$q = \frac{63000}{130} = 484,6 \text{ Н/мм.}$$

Згідно з епюрою, максимальне значення згинального моменту:

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{12}, \quad (3.4)$$

$$M_{\max} = \frac{484,6 \cdot 130^2}{12} = 682478 \text{ Н}\cdot\text{мм або } 682,5 \text{ Нм.}$$

Напруги згину, що виникають в осі визначимо за формулою:

$$\sigma_u = \frac{32M_{\max}}{\pi d^3}, \quad (3.5)$$

$$\sigma_u = \frac{32 \cdot 682,5}{3,14 \cdot 0,04^3} = 108600000 \text{ Па или } 108,6 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_u < [\sigma_u].$$

Міцність за напругою згину забезпечена.

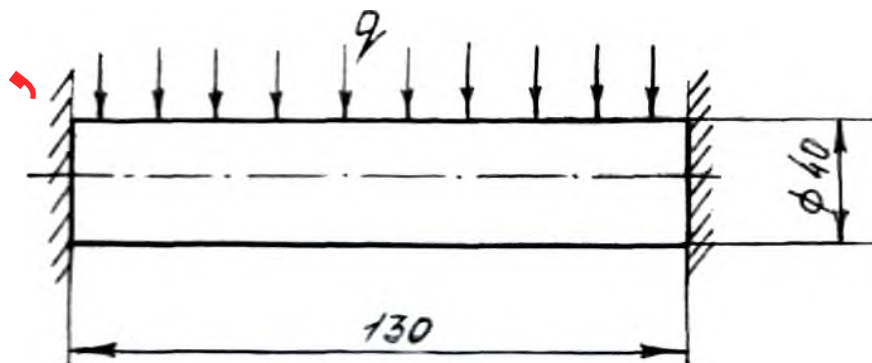


Рис. 3.5 – Схема розподілу навантаження та закріплення осі

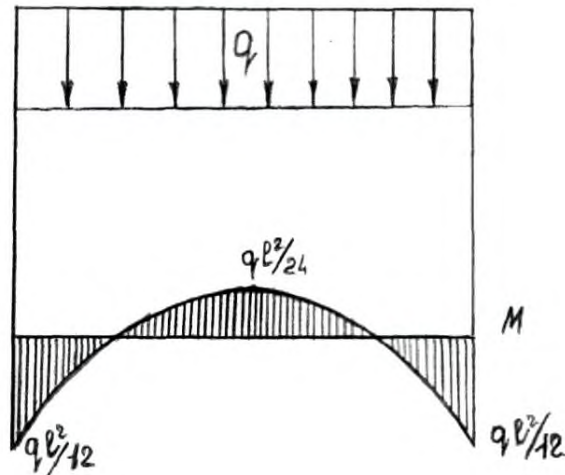


Рис. 3.6 – Схема згинального моменту

3.1.4 Перевірка осі 40 на зріз

Площу зрізу (рис. 3.5) визначаємо за формулою:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.6)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} = 1256 \text{ мм}^2 \text{ или } 1256 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначаємо зусилля зрізу

$$q = \frac{Q}{2}, \quad (3.7)$$

$$q = \frac{63000}{2} = 31500 \text{ Н.}$$

Визначаємо напруження зрізу

$$\tau_{cp} = \frac{q}{A}, \quad (3.8)$$

$$\tau_{cp} = \frac{31500}{1256 \cdot 10^{-6}} = 25,1 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{cp} < [\tau_{cp}].$$

Міцність на зріз забезпечена.

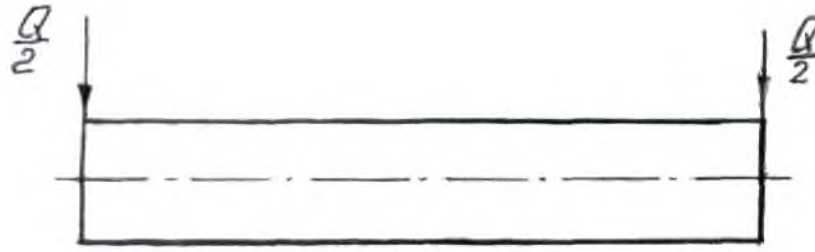


Рис. 3.7 Схема розташування навантаження під час зрізу

3.1.5 Перевірка осі 20 на зріз

Приймаємо той же матеріал і допустиму напругу.

Діаметр осі 20 мм (рис. 3.7).

Визначаємо площу зрізу.

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.9)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2 \text{ або } 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$$\tau_{cp} = \frac{q}{A}, \quad (3.10)$$

$$\tau_{cp} = \frac{31500}{3,14 \cdot 10^{-4}} = 100310000 \text{ Па або } 100,3 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{cp} < [\tau_{cp}].$$

Отже, можна приймати матеріал Ст6 з $[\tau_{зр}] = 105 \text{ МПа}$ або конструкційну сталь 20, 40, 45. У сталі 45 $[\tau_{зр}] = 250 \text{ МПа}$.

Остаточно приймаємо сталь 45 ГОСТ 1050-74.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Охорона праці при роботі з використанням автомобільних домкратів.

4.1.1. Дія цієї інструкції поширюється на працівників, які виконують роботи із використанням автомобільних домкратів.

4.1.2. Інструкція з охорони праці при роботі з використанням автомобільних домкратів (надалі – інструкція) є нормативним актом, що містить обов'язкові для дотримання вимоги з охорони праці під час виконання вищевказаного виду робіт .

4.1.3. Інструкція розроблена на основі наказу Державного комітету України по нагляду за охороною праці № 132 від 21.12.1993 « Про Порядок опрацювання і затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві» (із змінами та доповненнями), ДНАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці» (із змінами та доповненнями відповідно до наказу Міністерства соціальної політики № 526 від 30.03.2017), розпоряджень міського голови: № 79од. від 18.03.2021 « Про затвердження Положення про розробку інструкцій з охорони праці в апараті Фастівської міської ради та її виконавчих органів, № 99 од. від 07.04.2021 « Про перегляд та оновлення діючих інструкцій з охорони праці, які діють в апараті Фастівської міської ради та її виконавчих органів» та інших нормативно – правових актів з охорони праці.

4.1.4. До робіт із застосуванням домкратів допускаються особи, придатні за станом здоров'я до виконання робіт за відповідною професією, які пройшли в установленому порядку навчання та інструктаж з охорони праці, оволоділи практичними навичками безпечного виконання робіт.

4.1.5. Стан домкратів, режим їх роботи та обслуговування повинні відповідати вимогам підприємств-виготовлювачів.

4.1.6. Працівники, що виконують роботи із застосуванням домкратів, зобов'язані:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання робіт;

- знати і виконувати вимоги цієї інструкції, правил внутрішнього трудового розпорядку, правила поведінки з обладнанням, користуватись засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому порядку попередні та періодичні медичні огляди.

4.1.7. Під час роботи працівник повинен користуватись засобами індивідуального захисту відповідно до основної професії та дотримуватись правил особистої гігієни, зокрема:

- утримувати в чистоті і порядку робоче місце і інструмент;

- правильно і дбайливо користуватись санітарно-побутовими приміщеннями, засобами індивідуального захисту;

- утримувати спецодяг і спецвзуття у справному стані і чистому вигляді;

- перед кожним прийманням їжі мити руки водою з милом чи іншими миючими засобами;

- дотримуватись питного режиму з врахуванням особливостей умов праці;

- дотримуватись режиму праці і відпочинку;

- при появі температури чи інших ознак захворювання слід попередити керівника робіт та негайно звернутись до лікаря.

4.1.8. Застосовувати при митті рук бензин, гас, ацетон інші легкозаймісті речовини забороняється.

4.1.9. Працівник має право відмовитися від роботи, якщо створилася виробнича ситуація небезпечна для його життя чи здоров'я, або життя чи здоров'я людей, які його оточують.

4.1.10. За невиконання вимог даної інструкції працівник несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

4.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

4.2.1. Перед початком роботи необхідно:

4.2.1.1. Надіти спецодяг та інші ЗІЗ відповідно до основної професії. Спецодяг повинен бути добре підігнаний і застібнутий.

4.2.1.2. Оглянути робоче місце, забрати з-під ніг предмети, що заважають у роботі, звільнити проходи і не захаращувати їх під час роботи. Якщо підлога слизька (облита водою, маслом), необхідно її витерти.

4.2.1.3. Перед початком виконання робіт із застосуванням домкратів їх необхідно оглянути. Перевірити вантажопідйомність домкрата та дату проведення наступного випробування. Опорна поверхня головки домкрата повинна бути такою, що запобігає проковзуванню вантажу, що піднімається домкратом.

4.2.1.4. Перевірити справність освітлення місця роботи.

4.2.1.5. При виявленні будь-якої несправності домкрата, а також у разі закінчення терміну його чергового випробування негайно повідомити безпосереднього керівника і без його вказівки до роботи не приступати.

4.3. Вимоги безпеки під час роботи.

4.3.1. Під час піднімання вантажів домкратами слід дотримуватись таких вимог:

– під домкрат залежно від маси вантажу, що піднімається домкратом, необхідно підкласти дерев'яну викладку (шпали, бруски, дошки завтовшки від 40 до 50 мм) більшої площі, ніж площа основи корпусу домкрата;

– домкрат необхідно установити суворо у вертикальне положення відносно вантажу, що піднімається, а у разі пересування вантажу - без перекошування до опорної частини вантажу;

– усі обертові частини привода домкрата повинні вільно (без заїдань) обертатись вручну;

– усі частини домкрата, що труться, необхідно періодично змащувати густим мастилом;

– під час піднімання вантажу необхідно слідкувати за його стійкістю.

4.3.2. Навантаження домкрата не повинно перевищувати його вантажопідйомність, зазначену в паспорті.

4.3.3. Звільняти домкрат з-під піднятого вантажу та переставляти його допускається тільки після надійного закріплення вантажу у піднятому положенні.

4.3.4. Не дозволяється застосовувати подовжувачі (труби), що надягаються на рукоятку домкрата, знімати руку з рукоятки домкрата до опускання вантажу на підкладки та залишати вантаж на домкраті під час перерви в роботі, а також приварювати до лап домкратів труби або кутики.

4.3.5. Під час виконання робіт із застосуванням домкратів необхідно дотримуватись наступних вимог безпеки:

– навантажувати домкрати вантажем, який не перевищує їх вантажопідйомність, зазначену в паспорті;

– не застосовувати подовжувачі (труби), що надягаються на рукоятку домкрата;

– не знімати руку з рукоятки домкрата до опускання вантажу на підкладки;

– не залишати вантаж на домкраті під час перерви в роботі;

– не виконувати роботу у разі крапання робочої рідини або її підтікання.

4.3.6. Перед вивішуванням частини автомобіля домкратами, необхідно спочатку встановити транспортний засіб на рівній поверхні, зупинити двигун, включити нейтральну передачу, загальмувати його стоянковим гальмом, підставити під колеса, що не підіймаються, упорні колодки.

4.3.7. Домкрат необхідно встановлювати на рівну неслизьку поверхню. У разі неміцного ґрунту під основу домкрата необхідно підкласти міцну дерев'яну підставку площею не менше 0,1 кв.м або дошку.

4.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.

4.4.1. Привести в порядок робоче місце.

4.4.2. Повідомити безпосереднього керівника, про всі неполадки, що виникли під час роботи, та вжиті заходи щодо їх усунення.

4.4.3. Зняти спецодяг та інші засоби індивідуального захисту; почистити, прибрати у місця зберігання.

4.4.4. Вимити руки та обличчя теплою водою з милом.

4.5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

4.5.1. Під час роботи домкрата можуть виникнути такі види аварійних ситуацій:

- зміщення вантажу відносно центру домкрата;
- деформація домкрата;
- втрата стійкості домкрата.

4.5.2. У разі виникнення цих аварійних ситуацій слід:

- припинити роботу;
- відійти на безпечну відстань, щоб уникнути травмування вантажем;
- огородити небезпечну зону та не допускати у неї сторонніх осіб;
- повідомити безпосереднього керівника і далі діяти за його вказівками.

4.5.3. Дії, спрямовані на запобігання виникненню аварійних ситуацій:

- слідкувати за правильним центруванням вантажу;
- слідкувати, щоб вага вантажу не перевищувала вантажопідйомність домкрату;
- слідкувати, щоб домкрат був встановлений на рівну, тверду і неслизьку поверхню;
- не користуватись випадковими предметами для підмоцвання.

4.5.4. Про кожний нещасний випадок потерпілий або працівник, який його виявив, чи інша особа – свідок нещасного випадку повинні негайно повідомити безпосереднього керівника і вжити заходів до подання необхідної допомоги потерпілому.

4.5.5. Послідовність надання першої допомоги:

- припинити дію на організм факторів, що спричинили нещасний випадок, які загрожують здоров'ю чи життю потерпілого (звільнити від дії

електричного струму, винести з ураженої зони, загасити одяг, що спалахнув) і оцінити його стан;

– за необхідності вжити заходів щодо рятування потерпілого у порядку першочерговості (відновити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця, зупинити кровотечу, накласти пов'язку тощо);

– якщо є потерпілі, надати їм першу медичну допомогу та за необхідності, викликати екстрену (швидку) медичну допомогу за номером 103.

4.5.6. Надання першої медичної допомоги:

4.5.6.1.1. Надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом:

4.5.6.1.2. У разі ураження електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

4.5.6.1.3. У разі відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати екстрену (швидку) медичну допомогу за номером 103.

4.5.6.2. Перша допомога при пораненні.

4.5.6.2.1. Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому на рану і зав'язати її бинтом.

4.5.6.2.2. Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і т. ін. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після нього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

4.5.6.3. Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

4.5.6.3.1. При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластикою, палицею, картоном або іншим подібним предметом.

4.5.6.3.2. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба.

4.5.6.3.3. При переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

4.5.6.3.4. При підозрінні перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

4.5.6.3.5. При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

4.5.6.4. Перша допомога при кровотечі.

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору;
- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом;
- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, при допомозі згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

4.5.7. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити керівника, викликати пожежну охорону за номером 101 та приступити до гасіння її наявними засобами пожежогасіння.

4.5.7.1. Виконувати всі вказівки керівника по ліквідації аварійної ситуації.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

$$C_{кон} = C_{од} + C_{но} + C_{н} + C_{он}, \quad (5.11)$$

де $C_{од}$ - витрати виготовлення оригінальних запчастин, грн;

$C_{но}$ - вартість покупних деталей, виробів, агрегатів по преїскуранту, грн;

$C_{н}$ - заробітна плата, виробничих робочих зайнятих на складанні конструкцій, грн;

$C_{он}$ - загальновиробничі витрати на виготовлення конструкції, грн.

Витрати на виготовлення оригінальних деталей

$$C_{од} = C_{прн} + C_{м}, \quad (5.12)$$

де $C_{прн}$ - премія, заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн;

$C_{м}$ - вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей.

Пряму заробітну плату визначимо за формулою

$$C_{прн} = C_{пр} + C_{д} + C_{соу} + C_{отт}, \quad (5.13)$$

де $C_{пр}$ і $C_{д}$ - основна та додаткова плата виробничим робітникам, грн;

$C_{соу}$ - нарахування із соціального страхування, грн;

$C_{отт}$ - оплата відпустки, грн.

Основна заробітна плата виробничих робітників

$$C_{пр} = t_{ср} \cdot C_{ч} \cdot K_{д}, \quad (5.14)$$

де $t_{ср}$ - середня трудомісткість виготовлення окремих оригінальних деталей, год;

$C_{ч}$ - годинна ставка робітників, приймаємо $C_{ч} = 80$ грн;

$K_{д}$ - коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, дорівнює 1,3.

$$C_{np} = 46 \cdot 80 \cdot 1,3 = 4784 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата за якість робіт

$$C_{\delta} = 0,4C_{np}, \quad (5.15)$$

$$C_{\delta} = 0,4 \cdot 4784 = 1913,6 \text{ грн.}$$

Оплата відпусток

$$C_{отт} = 0,085 \cdot (C_{np} + C_{\delta}), \quad (5.16)$$

$$C_{отт} = 0,085 \cdot (4784 + 1913,6) = 569,3 \text{ грн.}$$

Нарахування із соціального страхування

$$C_{соц} = 0,28 \cdot (C_{np} + C_{\delta} + C_{отт}), \quad (5.17)$$

$$C_{соц} = 0,28 \cdot (4784 + 1913,6 + 569,3) = 2034,7 \text{ грн.}$$

Тоді повна заробітна плата дорівнюватиме

$$C_{прн} = 4784 + 1913,6 + 569,3 + 2034,7 = 9301,6 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей визначимо за формулою

$$C_m = C_3 + Q_3, \quad (5.18)$$

де C_3 - ціна металопрокату матеріалу заготовки, грн/кг;

Q_3 - маса заготовки, кг.

Визначаємо вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей та заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей

Найменування виробів та матеріалів	Маса, кг	Ціна 1 кг	Сума, грн
1	2	3	4
Лист $\frac{B-0,8 \text{ ГОСТ } 19904-74}{Ст3 \text{ ГОСТ } 16523-70}$	2,2	97,0	213,4

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4
Полоса $\frac{Б-2-10 \times 40 \text{ ГОСТ } 103-76}{Ст3 \text{ ГОСТ } 535-79}$	2,5	43,0	107,5
Лист $\frac{6.2 \text{ ГОСТ } 19904-74}{08 \text{ кл } \text{ ГОСТ } 9045-80}$	0,5	43,0	21,5
Лист $\frac{Б-ПН-0-3 \text{ ГОСТ } 19903-74}{Ст3 \text{ ГОСТ } 16523-70}$	8,5	43,0	365,5
Труба $\frac{20 \times 2,8}{\text{ГОСТ } 3262-75}$	0,4	51,6	20,64
Круг $\frac{25 \text{ ГОСТ } 2590-71}{Ст 40У \text{ ГОСТ } 4543-71}$	0,75	52,0	39,0
Круг $\frac{21 \text{ ГОСТ } 16523-70}{Ст 3 \text{ ГОСТ } 380-71}$	3	52,6	157,8
Лист $\frac{БПН-0-12 \text{ ГОСТ } 19903-74}{Ст 3 \text{ ГОСТ } 14637-79}$	0,8	43,0	34,4
Круг $\frac{В 20 \text{ ГОСТ } 2590-71}{Ст 3 \text{ ГОСТ } 535-79}$	1,26	51,6	65,1
Сталь 40Л – II ГОСТ 977-75	1,8	55,0	99,0
Разом			1123,84

Тоді витрати на виготовлення оригінальних деталей дорівнюватимуть

$$C_{od} = 9301,6 + 1123,84 = 10425,44 \text{ грн.}$$

Ціна покупних виробів C_{no} береться за прейскурантом і заноситься до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Вартість покупних виробів

Назва	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Болти	1	7,0	7,0
Гвинти	5	3,0	15,0
Гайки	3	4,0	12,0
Шайби	26	2,0	52,0
Шплінти	7	1,0	7,0
Масленка	3	8,0	24,0
Підшипник	4	240	960,0
Пломба	1	1,0	1,0
Пружина	2	20,0	40,0
Разом			1118,0

Повна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції:

$$C_{сбк} = C_{сб} + C_{дсб} + C_{соусб} + C_{оттсб}, \quad (5.19)$$

де $C_{сб}$ і $C_{дсб}$ - основна та додаткова зарплата при складанні, грн;

$C_{соусб}$ - нарахування за страхування на заробітну плату, грн;

$C_{оттсб}$ - нарахування на відпустку, грн.

$$C_{сб} = t_{сб} \cdot C_{ч} \cdot K_{д}, \quad (5.20)$$

$$C_{сб} = 22 \cdot 18,3 \cdot 1,3 = 404 \text{ грн.}$$

$$C_{дсб} = 0,4C_{сб}, \quad (5.21)$$

$$C_{дсб} = 0,4 \cdot 404 = 161,5 \text{ грн.}$$

$$C_{оттсб} = 0,085(C_{сб} + C_{дсб}), \quad (5.22)$$

$$C_{оттсб} = 0,085 \cdot (404 + 161,5) = 48,1 \text{ грн.}$$

$$C_{соусб} = 0,28(C_{сб} + C_{дсб} + C_{оттсб}), \quad (5.23)$$

$$C_{соусб} = 0,28 \cdot (404 + 161,5 + 48,1) = 171,8 \text{ грн.}$$

$$C_{сбк} = 404 + 161,5 + 171,8 + 48,1 = 785,4 \text{ грн.}$$

Тоді витрати на виготовлення пристрою складуть

$$C_{кон} = 10425,44 + 1118 + 785,4 = 12328,6 \text{ грн.}$$

Очікувана загальна економічна ефективність капітальних вкладень визначається за такою формулою:

$$E_p = (C_1 - C_2)N_p, \quad (5.24)$$

де C_1 і C_2 - собівартість продукції до і після капітальних вкладень, грн;

C_1 – 18000 грн (середня вартість домкрата у магазині [4]).

N_p – річна програма ремонту із застосуванням розробки, кількість ТО із застосуванням конструкції. Приймаємо $N_p = 10$.

$$E_p = (18000 - 12328,6) \cdot 10 = 56714 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень

$$O_p = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_p}, \quad (5.25)$$

$$O_p = \frac{12328,6}{56714} = 0,22 \text{ року.}$$

Показники економічної ефективності від впровадження у виробництво переносного гідравлічного підймального домкрата для вантажних середньотонажних автомобілів МАЗ 4371/4381 «Корнет» зведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Показники економічної ефективності

Показники	Одиниці вим., грн	Сума
Заробітна плата робітників	грн	9301,6
Вартість матеріалу заготовок для виготовлення деталей	грн	1123,84
Витрати на виготовлення деталей	грн	10425,44
Вартість покупних виробів	грн	1118,0
Витрати на виготовлення пристрою	грн	12328,6
Економічна ефективність капітальних вкладень	грн	56714
Річна програма ремонту із застосуванням розробки	шт	10
Строк окупності капітальних вкладень	років	0,22

Економічна ефективність становить 56714 грн за умови річної програми ремонту із застосуванням розробки в кількості 10 одиниць. Строк окупності капітальних вкладень становить 0,22 року (близько 3 місяців).

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Підсумовуючи вищесказане, можна зробити наступний висновок. Домкрат є невід'ємною частиною комплектації будь-якого автомобіля та служить для його підйому під час ремонту чи заміни коліс. Асортимент домкратів дуже різноманітний і представлений залежно від конструкції та технічних характеристик безліччю видів та типів.

В основі класифікації домкратів виступають тип приводу, вантажопідйомність, вага, конструкція та інші класифікаційні ознаки. Залежно від типу приводу домкрати випускаються механічного, гідравлічного, електричного та пневматичного типів. Залежно від конструкції та призначення домкрати бувають гвинтові, рейкові, гідравлічні та підкатні. Розглянувши пристрій і принцип дії гвинтових, рейкових, гідравлічних, пневматичних, домкратів, вивчивши їх технічні характеристики і проаналізувавши купівельний попит, ми дійшли висновку, що сьогодні перевагу за всіма заявленими параметрами і функціональними вимогами мають пересувні гідравлічні домкрати.

У технологічному розділі розроблено технологічну схему збирання, складено карту технологічного процесу збирання. Підготовлено два складальні креслення, зроблено деталювання всіх деталей. У розділі «Охорона праці» представлено інструкцію з використання автомобільних домкратів, вимоги безпеки перед початком, під час та після роботи. В економічному розділі розраховано собівартість проектного домкрата. Економічна ефективність становить 56714 грн за умови річної програми ремонту із застосуванням розробки в кількості 10 одиниць. Термін окупності капіталовкладень становить 0,22 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Домкрат для автомобіля. Технічні вимоги. Публічне акціонерне товариство, 2017. 12 с.
2. Калачов С.Л. Товарознавство і експертиза транспортних засобів власного користування: посібник. К. : ИТК ІТК «Дашков і Ко», 2012. 312 с.
3. Волгін В.В. Продавець запасних частин: посібник. 4-е вид. К.: ІТК «Дашков і Ко», 2013. 608 с.
4. <https://knipex-ukraine.com.ua/ua/p1115556367-domkrat-podkatnoj-tonn.html>
5. Передвижные или нестационарные подъёмные устройства и подобное оборудование. DIN EN 1494, ICS 53.020.99 вместо DIN EN 1494:2001-04, 2009. 45 с.
6. John Case, Strength of Materials and Structures/Arnold, a member of the Hodder Headline Group, 1999.
7. Dr. Karl-Heinrich Grote, Dr. Erik Antonsson, Springer Handbook of Mechanical Engineering/ Springer, 2008.
8. Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H. Ryffel, Machinery's Handbook (29th Edition)/Industrial Press, New York, 2012.
9. Catalin Alexandru, Vlad Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel suspension mechanisms / Ingeniería e Investigación, 2016.
10. Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д., Пастушенко С.І. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання. К.: Вища освіта, 2004. 368 с.
11. Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін. Довідник сільського інженера. К.: Урожай, 1988. 348 с.
12. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Нова мобільна сільськогосподарська техніка. Трактори. Ніжин, 1999. 263 с.

13. Федорець О.О., Саленко О.Ф. Гідравліка, гідро- та пневмопривод: підручник для студ. вищ. навч. закл. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Знання, 2009. 502 с.
14. Писаренко Г.С. Опір матеріалів. К.: Вища шк. 1993. 655 с.
15. Білецького В.С. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. Д.: Донбас, 2004. Т.1: А-К. 640 с.
16. Попов С. В., Бучинський М. Я., Гнітько С. М., Чернявський А. М. Теорія механізмів технологічних машин: підручник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. Харків: НТМТ, 2019. 268 с.
17. Сторож Б.Д. Технологічні основи машинобудування : Навчальний посібник. Івано-Франківськ; Хмельницький: ЕУП, 2003. 153 с.
18. Григурко І.О. Технологія машинобудування. Навчальний посібник. 2007. 768 с.
19. Бондаренко С.Г. Основи технології.машинобудування. Чернігів: ЧДТУ, 2005. 567 с.
20. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування. К.: Лебідь, 2000. 368 с.

