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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему **«Підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту автомобілів шляхом модернізації двохстійкового електромеханічного підйомника»**

Виконав: студент групи Ат-42сп

Спеціальності 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва)

Берковський Тарас Тарасович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: ст. викладач Худавердян Георгій Ашотович
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 621.22-762

Берковський Т.Т. «Підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту автомобілів шляхом модернізації двохстійкового електромеханічного підйомника»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 56 с.,
Табл. 8; рис. 18; бібліогр. джерел 27.

Проведено аналіз підйомно-транспортного обладнання, яке застосовується на ремонтних підприємствах та СТО. Проаналізовано класифікацію та конструкцію підйомників автомобілів. Встановлені недоліки конструкції електромеханічного підйомника та запропоновано його модернізацію.

Здійснено проектний розрахунок електромеханічного підйомника та механізмів приводу його робочих органів. Розраховано нормативи технічної експлуатації автомобіля та визначено річну програму робіт з його технічного обслуговування та ремонту.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання робіт на автомобільному підйомнику.

Розраховано затрати на модернізацію підйомника та економічну ефективність його роботи.

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	АНАЛІЗ ПІДІЙМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ	7
1.1	Оглядове і підйомно-транспортне обладнання СТО	7
1.1.1	Оглядове обладнання	7
1.1.2	Підйомно-транспортне обладнання СТО	8
1.2	Аналіз конструкцій автомобільних домкратів	11
1.3	Аналіз конструкцій автомобільних підйомників	15
2	КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	21
2.1	Обґрунтування модернізації підйомника	21
2.2	Розрахунок приводу підйомника	23
2.2.1	Вихідні дані	23
2.2.2	Підбір кулькової гвинтової пари	23
2.2.3	Розрахунок зубчастої пасової передачі	26
2.3	Проектування і розрахунок опор гвинта	30
2.4	Розрахунок тягового приводу веденої підйомної лапи	34
2.5	Змащування тертьових поверхонь	35
3	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	36
3.1	Вихідні дані	36
3.2	Коригування нормативів технічної експлуатації автомобіля	36
3.3	Визначення річної програми робіт	39
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1	Аналіз потенційних і шкідливих факторів	41
4.2	Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій	42
4.3	Розробка вимог з техніки безпеки при роботі з підйомником	44
4.3.1	Техніка безпеки при введенні в експлуатацію	45

4.3.2 Техніка безпеки при роботі з підйомником 45
4.3.3 Техніка безпеки при технічному обслуговуванні 46
4.3.4 Інша інформація 46
4.3.5 Елементи безпеки 46
4.4 Перевірочний розрахунок електромагнітного гальма 47
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ 49
5.1 Визначення вартості конструктивної розробки 49
5.2 Визначення ефективності конструктивного удосконалення 51
ВИСНОВКИ И ПРОПОЗИЦІЇ 53
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК 54

ВСТУП

Станції технічного обслуговування призначені для надання послуг з ремонту і обслуговування автомобілів приватних осіб і підприємств. У ринкових умовах основна мета - виживання виробництва. В останні роки відзначається зростання кількості дрібних і середніх станцій технічного обслуговування автомобілів, і цей процес триває - щороку відкривається багато нових автосервісів.

Основа виживання сучасного підприємства - максимальний прибуток при мінімальних витратах. Великим станціям технічного обслуговування, набагато важче скоротити витрати, ніж дрібним. У них вищі податки на майно, на електроенергію, газ, воду, однак і фінансових можливостей більші на технічне переозброєння і централізовані поставки більш дешевих запасних частин.

Для зниження витрат на електроенергію необхідно підвищувати коефіцієнт корисної дії машин, зокрема підйомників, які є невід'ємною частиною технічного обслуговування і ремонту.

В даний час, коефіцієнт корисної дії підйомників встановлених на станції технічного обслуговування не перевищує 40%, тобто більше половини енергії витрачається не на підйом автомобіля, а на подолання різних опорів.

Ці підйомники прості за конструкцією, виготовлення, але менш ефективні. Оскільки тарифи на електроенергію постійно зростають, необхідно підвищувати коефіцієнт корисної дії.

На вирішення цих завдань спрямований даний дипломний проект.

1. АНАЛІЗ ПІДІЙМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ

1.1. Оглядове і підйомно-транспортне обладнання СТО

1.1.1. Оглядове обладнання

Під час виконання операцій ТО та ремонту автомобілів значна частка робіт (до 40…45%) потребують доступу до вузлів і агрегатів знизу автомобіля. Для цього СТО оснащуються оглядовим і підйомно-транспортним обладнанням [18].

Для обслуговування легкових автомобілів на СТО застосовують підйомники і перекидачі (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

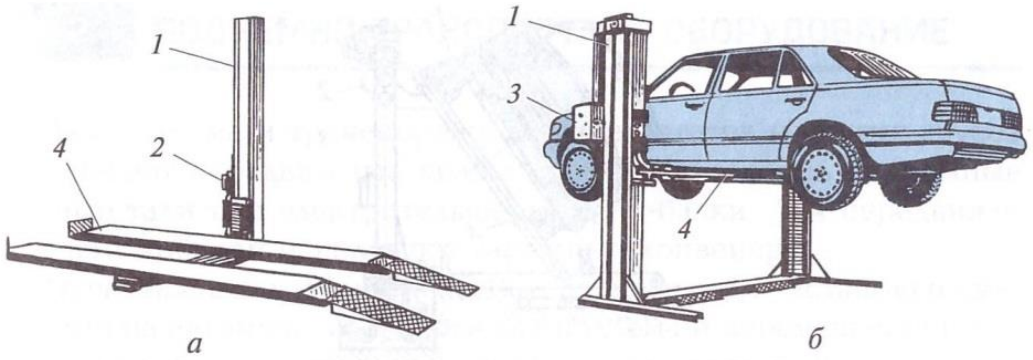


Рисунок - 1.1. Підлогові підйомники (з електромеханічним приводом)
а - одностійковий стаціонарний з підйомною платформою; б - двостійковий стаціонарний; 1 - стійка, 2 - електродвигун, 3 - пульт керування;
4 - підйомний майданчик

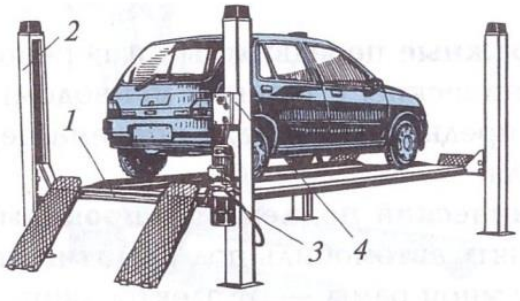


Рисунок 1.2. Чотирьохстійковий стаціонарний підлоговий підйомник платформового типу з одностороннім заїздом
1 - підіймальний майданчик, 2 - стійка, 3 - електродвигун, 4 - пульт керування

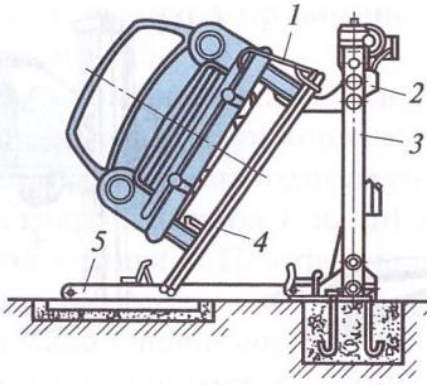


Рисунок 1.3 - Електромеханічний підйомник-перекидач
1 - затискач фіксації автомобіля,
2 - каретка, 3 стійка, 4 - підйомна рама, 5 - нерухома рама

Для виконання операцій ТО і ремонту перед установкою автомобіля на такий перекидач необхідно знімати з автомобіля акумулятор і зливати охолоджуючу рідину.

1.1.2. Підйомно-транспортне обладнання СТО

Для підіймання і транспортування важких агрегатів та інших вантажів на СТО застосовують пересувні крани, вантажні візки, ручні підіймальні талі або електротельфери, кран-балки. Для пересування кількох автомобілів на великих СТО використовують гаражні конвеєри. Пересувні крани (рис. 1.4) можуть застосовуватись для установки на автомобілі двигунів, а також для підіймання і переміщення вантажів на значні відстані. Вантажопідйомність таких кранів за різних вильотів стріли коливається в межах 200…1000 кг. Привід підіймальної стріли більшості в основному гідравлічний [25].

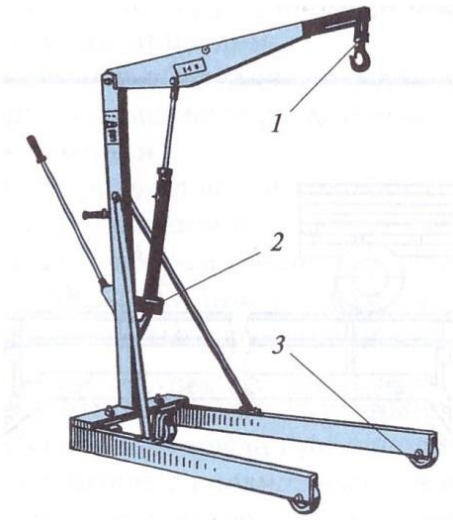


Рисунок 1.4 - Пересувний гідравлічний кран з ручним приводом
1 - виносна підіймальна стріла,
2 - гідравлічний механізм підйому,
3 - ролики для переміщення крана

Вантажні візки (рис. 1.5) слугують для горизонтального переміщення вантажів усередині виробничого переміщення СТО. Для підйому або опускання вантажу вони обладнані власною гідросистемою.

Рисунок 1.5 - Вантажний візок з гідроприводом

Ручні та електричні талі (рис. 1.6 б) та електротельфери (рис. 1.6 а) вантажопідйомністю 0,25…5 т, використовують для переміщення вантажу по вертикалі. Якщо їх підвісити до монорельсу, то крім вертикального підйому вантажу, вони забезпечать ще й його переміщення по горизонталі.

а)

б)

Рисунок 1.6 - Електротельфер (а); ручна таль (б)

Кран-балки (рис. 1.7 а) та мостові крани (рис. 1.7 б) призначені для підіймання об’єктів вагою понад 1 т і використовуються, як правило, на великих СТО, на яких відбувається обслуговування і ремонт вантажних автомобілів і

автобусів. Їх встановлюють у великих приміщеннях з посиленою конструкцією будівлі [2].

а) б)

Рисунок 1.7 - Кран-балка (а), мостовий кран (б)

Конвеєри для горизонтального переміщення автомобілів (рис. 1.8) застосовують на великих СТО де організовано потоковий методом ТО [ ].

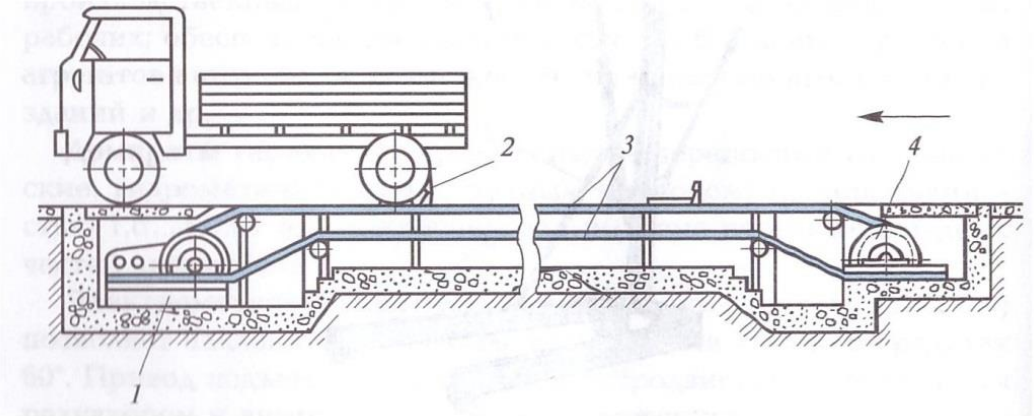


Рисунок 1.8 - Конвеєр для переміщення автомобілів

1 - привід конвеєра; 2 - упор; 3 - транспортна стрічка конвеєра; 4 - барабан натяжного механізму

Сучасні гаражні конвеєри зазвичай мають автоматичне керування. Пуском і рухом конвеєра керує оператор за допомогою пульта, або автоматична система, оснащена машинним зором.

1.2. Аналіз конструкцій автомобільних домкратів

Домкрат - це стаціонарний, переносний або пересувний вантажопідіймальний механізм для підйому і фіксації на заданій висоті важких предметів. Їх відносять до групи найпростіших підіймальних механізмів, які застосовуються для підіймання різних вантажів на висоту до 1 м. На відміну від інших підйомних механізмів, домкрати піднімають вантаж шляхом прикладання зусилля знизу вантажу, чим створюють хитку рівновагу конструкції. Це вимагає організації запобігання від перекидання автомобіля за допомогою допоміжних систем (упорів, противідкатних башмаків тощо). Використання домкратів на СТО значно полегшує роботу персоналу, забезпечує покращення умов роботи та продуктивності праці.

На відміну від інших подібних до домкратів пристроїв (наприклад, лебідки), вони є більш компактними, простими в обслуговуванні, надійними в експлуатації. Ще однією їх перевагою є те, що при роботі вони завжди розташовується знизу безпосередньо під вантажем. За принципом дії та конструктивними особливостями домкрати поділяють на гвинтові, рейкові, гідравлічні та пневматичні.

Гвинтові домкрати є зручними, простими в експлуатації, обслуговуванні та ремонті пристроями. В них вантажопідйомним елементом є гвинт, який приводиться в дію через рукоятку м’язовою силою працівника. Залежно від напряму обертання рукоятки, гвинт може піднімати або опускати вантаж. На гвинті за допомогою шарнірів кріпиться вантажоопорна чаша. Деякі моделі гвинтових домкратів оснащують спеціальними повзунами для переміщення піднятого вантажу в горизонтальній площині.

Гвинти домкратів мають самогальмівну прямокутну або трапецевидну різь. Особливістю гвинтових домкратів є не можливість самовільного опускання під дією ваги піднятого вантажу, оскільки в гвинтовій парі виникає самогальмування за рахунок заданого кута підіймання гвинтової лінії різі [16].

Рисунок 1.9 - Гвинтові домкрати

Вантажопідйомність ручних гвинтових домкратів може становити 1...20 т. Гвинтовий домкрат (рис. 1.9) складається із гвинта з головкою, гайки і корпуса. Нижче головки на гвинті встановлюється рукоятка із тріскачкою для обертання гвинта.

Гвинтовий домкрат може бути укомплектований додатковими деталями та пристроями, наприклад, гофрованим кожухом, кінцевими вимикачами, пристроєм для мащення, шарнірним наконечником, карданними хрестовинами для вільної підвіски домкрата і багатьма іншими компонентами з урахуванням, для яких цілей служить гвинтовий домкрат. На відміну від домкратів з гідроприводом він більш простий в роботі та обслуговуванні, вимагає нижчої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Основним конструктивним елементом рейкового домкрата є сталева рейка з опорною чашею для вантажу. У ручних рейкових домкратах підіймання здійснюється за допомогою зубчастої рейки, яку переміщують вздовж напрямних, розташованих усередині кожуха домкрата. Нижній кінець («лапа») рейки, який контактує з вантажем, відігнутий під кутом в 90° і призначений для захоплення вантажів за нижню опорну поверхню. Утримання піднятого вантажу на заданій висоті здійснюється за допомогою стопорних пристроїв. Рейкові домкрати призначені для підйому вантажів, які не потребують точного встановлення на чітко визначеній висоті.

Залежно від типу передавального механізму, рейкові домкрати ділять на два типи: важільно-рейкові (несуча рейка висувається приводним важелем) і рейково-зубчасті (висунення рейки здійснюється за допомогою шестерні через

приводну рукоятку). Вантажопідйомність важільно-рейкових домкратів може досягати 15 т.

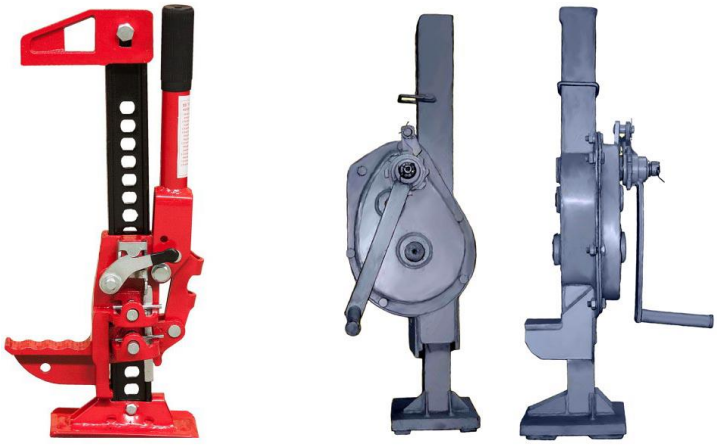


Рисунок 1.10 - Рейкові домкрати

Домкрати із зубчастою рейкою виготовляються з вантажопідйомністю 0,5...25 т. Рейкові домкрати приводяться в рух безпечною рукояткою. Кількість передач рейкових домкратів залежить від їх вантажопідйомності:

- до 6 тонн - одноступінчата передача;
- від 6 до 15 тонн - двохступінчата передача;
- понад 15 тонн - триступінчата передача.

Гідравлічні домкрати - найбільш поширена група домкратів, які використовуються на СТО автотранспорту.

Гідравлічний домкрат складається з таких основних елементів: корпус, поршень діаметром *D*, плунжерний насос з поршнем діаметром *d*, заповнений гідравлічним мастилом, яке використовується як робоча рідина. Плунжерний насос приводиться у дію важелем. Корпус одночасно виконує функції напрямного циліндра для поршня і резервуару для гідравлічного мастила [25].

Рисунок 1.11 - Гідравлічні домкрати

Підкатні гідравлічні домкрати широко використовуються в умовах автосервісів для підіймання автомобілів під час їх ремонту. Їх корпус оснащений колесами для зручності підкочування під об'єкт, який необхідно піднімати.

Рисунок 1.12 - Підкатний гідравлічний домкрат

Гідравлічні домкрати можуть застосовувати під час монтажу великих агрегатів, якщо ці роботи не можуть бути виконані кранами. Підіймання габаритних вантажів здійснюється чотирма, шістьма або вісьмома домкратами в залежності від маси вантажу.

Пневматичні домкрати незамінні у разі малого зазору між опорною поверхнею і вантажем, при малих переміщеннях, точному монтажі, за необхідності виконання робіт на пухкому, нерівному або болотистому грунті.

Рисунок 1.13 - Пневматичні домкрати

Пневматичні домкрати також активно використовуються під час виконання ремонтних та будівельно-монтажних робіт на будь-яких об'єктах. Головний недолік пневматичних домкратів - їх висока вартість. На неї впливають відносна складність конструкції, пов'язана з необхідністю герметизації з’єднань, дорощою технологією виготовлення герметичних оболонок.

1.3. Аналіз конструкцій автомобільних підйомників

Автомобільні підйомники є одним з основних видів підіймального обладнання, яке використовується на СТО. На сьогодні існує велика кількість різноманітних моделей автомобільних підйомників, які застосовуються для виконання різних видів робіт. Автомобільні підйомники незамінні під час проведення слюсарних та кузовних робіт, обслуговуванні ходової частини автомобілів, регулювання розвалу-сходження керованих коліс, тюнінгу, шиномонтажного сервісу [10, 15].

За типом конструкції автомобільні підйомники позділяють на нтакі категорії: одностійкові, двостійкові, чотирьохстійкові, ножиці, плунжерні.

За типом приводу двостійкові автомобільні підйомники поділяються на електромеханічні і електрогідравлічні. Їх вантажопідйомність варіюється від 2 до 8 тон.

В залежності від виду розподілення навантаження автомобільні підйомники можуть бути симетричними та асиметричними. За типом синхронізації розрізняють підйомники з нижньою і верхньою синхронізацією. Процес підйому кареток синхронізується за допомогою електроніки або ж вантажних тросів.

В залежності від вантажопідйомності усі підйомники можна умовно розділити на такі 3 групи:

- Двостійкові підйомники для легкових автомобілів і джипів з вантажопідйомністю до 3,5 тон.

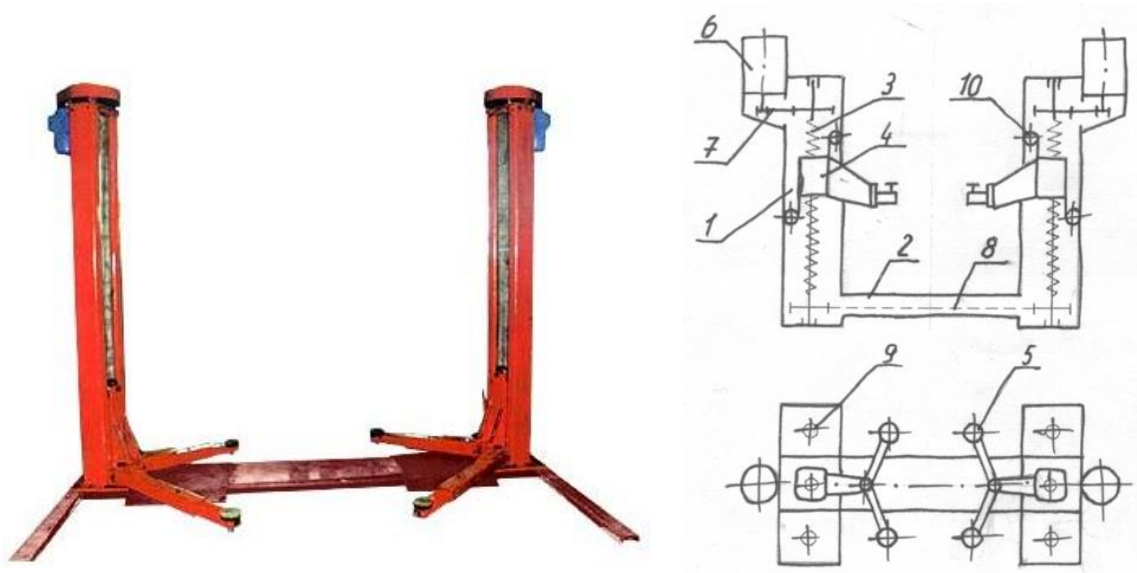
- Двостійкові підйомники вантажопідйомністю до 4 тон для автомобілів з великою вагою, важких позашляховиків та мікроавтобусів.

- Двостійкові підйомники з вантажопідйомністю 5 тон і більше для роботи з довгими мікроавтобусами та броньованими легковими автомобілями.

За типом розташування колон і довжині опорних лап двостійкові підйомники для СТО поділяють на симетричні і асиметричні. В асиметричних двостійкових підйомниках центр ваги автомобіля зміщений назад, стійки дещо розвернуті, при чому довжина передніх і задніх лап є різною. Така конструкція

зручна тим, що при необхідності дозволяє вільно відкривати двері автомобіля. У симетричного двостійкового підйомника колони встановлені паралельно, а довжина передніх і задніх лап є однаковою.

Існує кілька основних моделей двостійкових підйомників. Залежно від конструкції, електромеханічні двостійкові підйомники можуть бути оснащені одним або двома електродвигунами. У двостійкових підйомниках з одним двигуном крутний момент від електродвигуна передається на гвинт головної стійки, а вже від неї - на другу стійку через ланцюговий чи пасовий привід або трансмісійний вал (рис. 1.14) [25, 27].



а) б)

Рисунок 1.14 - Гвинтовий електромеханічний підйомник

а – загальний вигляд; 2 – кінематична схема

Він складається з двох трубчастих стійок і поперечини 2. У кожній стійці розташований гвинт 3, за допомогою якого переміщується вантажопідйомна балка 4 з розсувними підхватами 5. Ходові гвинти приводяться в обертовий рух від електродвигуна 6 через редуктор 7, встановлений на одній зі стійок. Обертання на другий гвинт передається через ланцюгову передачу 8, змонтовану всередині поперечки 2.

В приміщені СТО підйомник кріпиться до підлоги анкерними болтами 9. Упорні ролики 10 оберігають гвинт від впливу згинаючих зусиль.

Двостійкові підйомники з двома двигунами, які використовуються на СТО мають по одному двигуну на кожній стійці і синхронізуються механічно за допомогою тросів або за допомогою електроніки. Основним робочим вузлом електромеханічного двостійкового підйомника є робоча пара гвинт-гайка. Згідно вимог безпеки, двостійковий підйомник має бути оснащений двома гайками на кожній колоні – робочою, а також страхувальною (рис. 1.15).

Рисунок 1.15 - Блок гайок гвинтового підйомника

Страхувальна гайка встановлюється на певній відстані від робочої гайки і в звичайному стані не сприймає навантажень. Відстань між цими гайками в двостійковому підйомнику суворо регламентована виробником і її необхідно контролювати щоденно.

Перевагами електромеханічного двостійкового підйомника є низька вартість у порівнянні з електрогідравлічним двостійковим підйомником, а також можливість опускання автомобіля у разі відключення електроенергії.

Недоліком електромеханічного двостійкового підйомника є висока вартість заміни блоку гайок. Адже в разі обриву робочої гайки вагу автомобіля на себе сприйматиме страхувальна гайка, чим попередить падіння автомобіля. Експлуатація підйомника в такому стані не можлива, оскільки необхідно виконати одночасну заміну всіх гайок.

Електрогідравлічні двостійкові підйомники вважаються надійнішими і довговічнішими за електромеханічні [15, 25].

а) б)

Рисунок 1.16 - Електрогідравлічні підйомники

а) двохстійковий; б) чотирьохстійковий

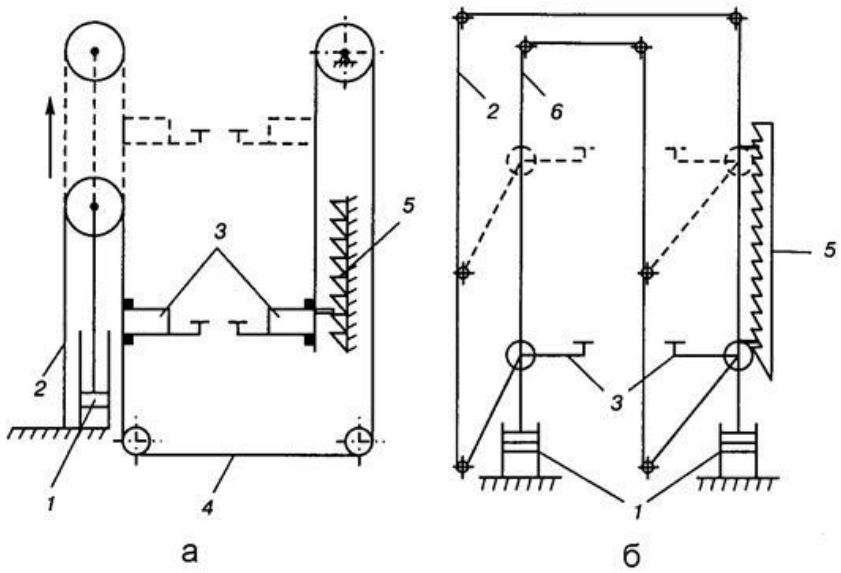


Рисунок 1.17 - Типові кінематичні схеми приводу кареток електрогідравлічних двостоякових підйомників

а - з одним гідроциліндром; б - з двома гідроциліндрами; 1 - гідроциліндр; 2 - привідний трос провідної каретки; 3 - каретка; 4 - привідний трос веденої каретки; 5 - стопорний пристрій; 6 - синхронізуючий трос

Електрогідравлічні двостійкові підйомники мають ряд переваг:

- менше енергоспоживання (тільки один двигун; процес опускання автомобіля відбувається під його вагою);

- менша кількість деталей схильних до зношування;

- простота конструкції і низька вартість обслуговування;

- безшумність і плавність роботи;

- високий рівень експлуатаційної безпеки.

Недоліком електрогідравлічного двостійкового підйомника є дещо вища ціна в порівнянні з електромеханічним.

Чотирьохстійкові автомобільні підйомники - це найбільш популярний вид обладнання для СТО, на яких виконують роботи з регулювання розвал-сходження керованих коліс. Чотирьохстійкові автомобільні підйомники можуть бути різної вантажопідйомності і мати різну довжину платформи. Залежно від виду платформи, гладкої або рифленої, цей тип автомобільних підйомників ефективно використовується для діагностичної інспекції та виконання слюсарних робіт.

Конструктивно чотиристійковий підйомник складається з чотирьох колон, двох платформ і двох з'єднувальних балок. Підіймання автомобіля на чотиристійковому підйомнику здійснюється за допомогою одного гідравлічного циліндра і двох тросів, закріплених в чотирьох колонах.

Чотирьохстійкові підйомники різних виробників відрізняються між собою довжиною платформи і вантажопідйомністю. Підбір довжини платформи залежить від колісної бази автомобілів, які на них обслуговуватимуться:

- для СТО, на яких обслуговують легкові автомобілі рекомендуються підйомники з довжиною платформи 4300 - 4800 мм.

- для СТО, які обслуговують легкий комерційний транспорт і довгобазові мікроавтобуси - підйомник з довжиною платформи 5000 - 5500 мм.

Вантажопідйомність таких підйомників має складати 3,5 - 5 тон [ ].

Існують версії чотиристійкових підйомників зі змінною відстанню між платформами. Вони зручні для роботи з автомобілями, які мають різну ширину колісної бази.

За призначенням чотирьохстійкові підйомники можна умовно позділити на два типи:

- інспекції або слюсарних робіт (з гладкими платформами);

- регулювання розвал-сходження (з виїмками під передні поворотні столи і вбудованими задніми рухомими платформами).

Недоліками чотиристійкових підйомників є великі габаритні розміри, наявність з'єднувальних балок, які обмежують простір необхідний для роботи механіка.

Переваги чотиристійкових підйомників - простота і надійність конструкції, високий рівень безпеки, відносно невелика вартість.

В останні роки набирають популярність ножичні автомобільні підйомники.

Рисунок 1.18 - Ножичний автомобільний підйомники

Істотною їх перевагою є можливість їх встановлення на рівні з підлогою. При установці на землю на поверхні розташовуються лише платформи з під’їздами. Такі підйомники для автосервісів обладнують гідравлічним приводом, який забезпечує безшумність та достатню довговічність роботи. Основним їх недоліком є їх висока вартість.

Існують також автомобільні підйомники для шинного сервісу. Завдяки їм процес заміни коліс стає легшим і швидшим. Такі підйомники можуть бути оснащені як пневматичним, так і електрогідравлічним приводом.

2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування модернізації підйомника

Невід'ємною частиною обладнання робочих постів для технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів є підіймально-транспортне обладнання. До нього відносять: підйомники різних типів, електроталі, конвеєри тощо.

В роботі пропонується модернізація електромеханічного двостійкового підйомники СДО-3. Основною деталлю його підіймального механізму є гвинтова пара з трапецевидною різьбою. Передача гвинт-гайка має просту і компактну конструкцію і дозволяє забезпечити великі передавальні відношення.

Головний недолік такої передачі - низький коефіцієнт корисної дії. В ній основні втрати припадають на подолання сили тертя ковзання між витками гвинта та гайки. Однак нижчий коефіцієнт корисної дії забезпечує основну перевагу механічного підйомника – створення ефекту самогальмування в гвинтовій парі, через що відпадає необхідність додаткового застосування спеціальних пристроїв, які перешкоджають падінню вивішеного автомобіля після відключення електродвигуна.

Ланцюг ланцюгової передачі, який передає крутний момент від одного гвинта до іншого, в процесі експлуатації видовжується. Тому якщо не передбачити натяжний пристрій, в процесі роботи підйомник буде створювати значний шум. Крім того, для приводу необхідним є застосування масивних зірочок, та й самий ланцюг має досить велику вагу. Все це призводить до збільшення металоємності конструкції.

У базовій конструкції підйомника СДО-3 застосовується електродвигун застарілої серії АО-2, який має велику вагу і габарити, а його пусковий момент менший, ніж у аналогічних - серії 4А.

Проаналізувавши всі переваги і недоліки існуючої конструкції, нами пропонуються наступні конструкторські рішення щодо модернізації підйомника СДО-3:

1 - гвинтову пару зі звичайною трапецевидною різьбою замінити кулькову-гвинтову пару. У ній тертя ковзання заміниться на тертям кочення, тобто по канавках гвинта всередині гайки будуть перекочуватися кульки по замкнутому контуру. Це призводить до суттєвого підвищення коефіцієнта корисної дії, однак зникне явище самогальмування, що призведе до необхідності застосування спеціальних пристроїв, які перешкоджатимуть падінню вивішеного автомобіля. Для зниження металоємності конструкції пропонується конструктивне рішення з одним вантажним гвинтом. Другий захват підйомника буде приводитися в рух за допомогою системи блоків і сталевого каната.

2 – старий електродвигун замінити на двигун серії 4АЕ з вбудованим електромагнітним гальмом для запобігання падінню вивішеного автомобіля після його вимкнення. Даний двигун має постійно замкнуте гальмо, яке при його вимкнені буде замкнуте, а при включенні воно розмикається.

3 - відсутність ефекту самогальмування робить небезпечним застосування клинових пасів для передачі крутного моменту від валу електродвигуна на ходовий гвинт через проковзування пасів. Для усунення даного недоліку можуть підійти зубчасті, ланцюгові, або зубчасто-пасові передачі. Найбільш підходящою на наш погляд є передача зубчастим пасом. За принципом роботи вона ближча до ланцюгової передачі та дозволяє зменшити габарити приводу і збільшити передавальні відношення в порівнянні з клинопасовою передачею. Наявність пружного зв'язку між зубами паса і шківів забезпечить зниження шуму і динамічних навантажень, а відсутність проковзування призведие до збільшення коефіцієнта корисної дії.

Крім цього пропонується дещо змінити підіймальні лапи. Це пов’язано з тим, що під час монтажу тросового приводу можуть з'явитися значні похибки встановлення лап в порівнянні з двохгвинтовою системою і привідним ланцюгом. В результаті цього, площина підйому може відрізнятися від горизонтальної, що може призвести до нахилу вивішеного автомобіля відносно горизонтальної площини, в результаті чого зростатиме ймовірність його падіння.

З метою виправлення цього недоліку упори в лапах зроблені з різьбленням і мають можливість вільно загвинчуватися і вигвинчують, тобто є можливим

регулювання положення вивішеного автомобіля. Провертатнню упорів в той чи інший бік перешкоджають дві контргайки.

2.2. Розрахунок приводу підйомника

2.2.1 Вихідні дані

Вихідними даними для розрахунків є: вантажопідйомність, потужність і частота обертання електродвигуна. Для підйомника обраний електродвигун потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 1500 об/хв. Двигун з високою частотою обертання має менші габарити і більший коефіцієнт корисної дії. Вихідні дані приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані до розрахунку підйомника

Вантажопідйомність, Q, кг	Потужність електро-двигуна N, кВт	Частота обертання електро-двигуна n, об/хв	Ресурс підйомника, годин	Тип вантажо-підйомного механізму
3000	2,2	1500	2500	Кульково-гвинтова пара

2.2.2. Підбір кулькової гвинтової пари

Сила, яка діятиме на гвинт під час підіймання автомобіля, визначається за формулою [11]:

$$P = \frac{Q \cdot g}{\Gamma_б^3 \cdot \Gamma_{ро}} \quad (2.1)$$

де Q - вантажопідйомність підйомника, кг ·;

$Г_б$ - коефіцієнт корисної дії на блоках. Приймаємо $Г_б$ = 0,98;

$Г_р$ - коефіцієнт корисної дії роликових опор. Приймаємо $Г_р$ = 0,976.

$$P = \frac{3000 \cdot 9{,}81}{0{,}98^3 \cdot 0{,}976} = 32000 \text{ Н}$$

Момент на гвинті, необхідний для підіймання автомобіля визначається за формулою [11]:

$$\text{М} = \frac{P}{J_\text{Г} \cdot \Gamma_{1\text{Г}}} \quad (2.2)$$

де $J_Г$ - передавальне відношення гвинтової пари, яке визначається за формулою:

$$J_\text{Г} = \frac{2 \cdot \Gamma_{1\text{Г}}}{P^1} \quad (2.3)$$

де P^1 - крок гвинта, м. Приймаємо P^1 = 0,01 м;

Тоді

$$J_\text{Г} = \frac{2 \cdot \pi}{0{,}01} = 628$$

де $Г_{1Г}$ - коефіцієнт корисної дії гвинтової пари прийнятий рівним $Г_{1Г}$ = 0,85.

$$\text{М}_\text{Г} = \frac{32000}{628 \cdot 0{,}85} = 59{,}9 \text{ Нм}$$

Передавальне відношення зубчатої пасової передачі, необхідне для підйому визначається за формулою [10]:

$$J_\text{п} = \frac{\text{М}_\text{Г}}{\text{М}_q \cdot \Gamma_\text{рп} \cdot \Gamma_\text{пк}} \quad (2.4)$$

де M_q - крутний момент на валу електродвигуна при номінальній потужності

$$M_q = 9500 \frac{N}{n} \quad (2.5)$$

де N - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

n - частота обертання валу двигуна при номінальній потужності, хв$^{-1}$.

$\Gamma_\text{рп}$ - коефіцієнт корисної дії зубчатої пасової передачі, прийнятий 0,97;

$\Gamma_\text{п.к}$ - коефіцієнт корисної дії підшипників кочення, прийнятий 0,99.

$$J'_\text{п} = \frac{59{,}9}{14{,}7 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}99} = 4{,}24$$

Це передавальне відношення попереднє, і далі може уточнюватися розрахунком.

Частота обертання гвинта визначається за формулою [11];

$$n_\text{Г} = \frac{n}{J'_\text{п}} = \frac{1425}{4{,}24} = 336 \text{ об/хв.} \quad (2.6)$$

Найбільша статичне навантаження, яке повинна витримати гвинтова пара з урахуванням ресурсу визначається за формулою:

$$F_t = P^3 \sqrt{L_e} \quad (2.7)$$

де L_e - ресурс гвинтової пари:

$$L_e = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n_\text{Г} \cdot L_{he} \quad (2.8)$$

де L_{he} - еквівалентна довговічність:

$$L_{he} = K_{He} \cdot L_h \quad (2.9)$$

де K_{He} - коефіцієнт режиму навантаження, згідно [ ] K_{He} = 0,18;

$$L_{he} = 0{,}18 \cdot 2500 = 450 \text{ год.}$$

$$L_e = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 336 \cdot 450 = 9{,}07 \text{ хв.}$$

$$F_t = 32000 \cdot \sqrt[3]{9{,}07} = 66740 \text{ Н}$$

Використовуючи отримане значення F_t, а також величину крутного моменту гвинта і частоти його обертання остаточно прийнята гвинтова пара з діаметром різі d = 63 мм і кроком різьби p = 10 мм.

Так як стрижень гвинта працює на стиск і має велику вільну довжину С = 2332 мм його необхідно перевірити на міцність з урахуванням стійкості:

$$\delta \leq \gamma \cdot [\delta] \quad (2.10)$$

де δ - напруження в стержні від дії осьової сили:

$$\delta = \frac{4 \cdot p}{\pi \cdot d_1^2} \quad (2.11)$$

де d_1 - внутрішній діаметр різьби вала, визначається за формулою:

$$d_1 = d_0 - 2 \cdot (R_к + 0{,}05 \cdot R_к) \quad (2.12)$$

де $R_к$ - радіус кульки, визначається за формулою [15]:

$$R_к = \frac{0{,}6 \cdot p}{2} = \frac{0{,}6 \cdot 10}{2} = 3 \text{ мм} \quad (2.13)$$

Тоді:

$$d_1 = 63 - 2 \cdot (3 + 0{,}05 \cdot 3) = 56{,}7 \text{ мм}$$

Підстановка значення d_1 дає наступне:

$$\delta = \frac{4 \cdot 32000}{3{,}14 \cdot (56{,}7 \cdot 10^{-3})^2} = 12{,}67 \text{ МПа.}$$

γ - коефіцієнт зменшення допустимих напружень, вибирається в залежності від гнучкості, яка визначається за формулою [10]:

$$\gamma = \frac{m \cdot 1}{i} \quad (2.14)$$

Прийнявши m = 1 для шарнірно закріплених кінців, а i = d·1/4, отримуємо наступну залежність:

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1}{d_1} = \frac{4 \cdot 1}{56{,}7} = 0{,}07$$

Для цієї гнучкості застосовується коефіцієнт зменшення допустимих напружень $\gamma = 0{,}02$ [11].

$[\sigma]$ - допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{Т}}}{s} \tag{2.15}$$

де σ_T - межа текучості, приймається рівним 900 МПа.

s - коефіцієнт запасу міцності, приймається рівним 2,2.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{Т}}}{s} = \frac{900}{2{,}2} = 409 \text{ МПа}$$

$$12{,}67 \leq 0{,}22 \cdot 409$$

$$12{,}67 \leq 89{,}98 \text{ МПа}$$

Умова (2,15) виконується. Отже, можна стверджувати, що раніше підібрана гвинтова пара задовольняє всі вимоги міцності.

Коефіцієнт корисної дії кулькової гвинтової пари визначається за формулою:

$$\Gamma_{\Gamma} = \frac{t_q \cdot x}{T_q \cdot x(x+y)} \tag{2.16}$$

де x - підйом різьби

$$x = arctan\frac{p}{\pi \cdot d} = arctan\frac{10}{3{,}14 \cdot 63}$$

y - кут тертя кочення гвинта:

$$y = arctan\, b = arctan 0{,}009$$

де b - коефіцієнт тертя кочення, приймається рівним 0,009:

Підстановка знайдених значень y і x в вихідну формулу (2.16) дає:

$$\Gamma_{\Gamma} = 0{,}85$$

Таким чином $\Gamma_н = \Gamma_{ГН} = 0{,}85$, тобто остаточно знайдене значення співпало з попередніми, отже не потрібно додаткового коригування передавального відношення зубчатої пасової передачі.

2.2.3. Розрахунок зубчастої пасової передачі

Основною геометричною характеристикою зубчатої пасової передачі є модуль передачі, який визначається за формулою:

$$m \approx 35 \cdot \frac{P_{\text{п}}}{\sqrt[3]{n_1}} \quad (2.17)$$

де $P_{\text{п}}$ – потужність, яка передається пасом. $P_{\text{п}}$ = 2,2 кВт;

n - частота обертання малого шківа. В даному випадку вона дорівнює асинхронній частоті обертання валу електродвигуна, тобто 1425 об/хв.

$$m \approx 35 \cdot \frac{2,2}{\sqrt[3]{1425}} \approx 4,45 \text{ мм}$$

Отримане значення округлюється до нормалізованого. Остаточно приймається: m = 4 мм [10].

Приймаємо Z_1 = 20.

Число зубів веденого шківа визначаємо за формулою:

$$Z_2 \approx Z_1 \cdot i_{\text{п}} = 20 \cdot 4,24 = 85,6 \quad (2.18)$$

де Z_1 - число зубів ведучого шківа (Z_1 = 20);

$i_{\text{п}}$ - передавальне відношення передачі.

Остаточно приймаємо Z_2 = 85

Діаметр меншого (привідного) шківа визначаєм за формулою:

$$d_1 = m \cdot Z_1 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм} \quad (2.19)$$

Діаметр більшого (веденого) шківа становитиме:

$$d_2 = m \cdot Z_2 = 4 \cdot 85 = 340 \text{ мм} \quad (2.20)$$

Міжосьова відстань попередньо приймається рівною:

$$a = 0,65(d_1 + d_2) = 0,65(80 + 340) = 273 \text{ мм} \quad (2.21)$$

Кут обхвату меншого шківа становить:

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} \geq 120° \quad (2.21)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \cdot \frac{340 - 80}{273} = 125,4°$$

Число зубів паса, які знаходяться в зачепленні з малим шківом визначається за формулою [10]:

$$Z_{\text{п}0} = \frac{Z_1 \cdot \alpha_1}{360} = \frac{20 \cdot 125,4}{360} = 6,97 \quad (2.22)$$

Питома колова сила, яка передається зубчатим пасом, визначається за формулою:

$$G = [g_0] \cdot C_p \cdot C_u \cdot C_z \quad (2.23)$$

де $[g_o]$ - допустима питома колова сила, приймається рівною 15 Н [10];

C_p - коефіцієнт, який враховує режим роботи передачі (при роботі з помірними коливаннями в дві зміни C_p = 0,83);

C_u - коефіцієнт, який враховує передавальне число (вводиться тільки для прискорювальних передач, C_u = 1);

C_z - коефіцієнт, який враховує число зубів, що знаходяться в зачепленні, (при Z_{no} = 6,97 приймається C_z = 1).

Отже

$$G = 15 \cdot 0{,}83 \cdot 1 \cdot 1 = 12{,}45 \text{ Н}$$

Попереднє значення довжини паса визначаємо за формулою:

$$L' = 2 \cdot a + \frac{\pi(d_1+d_2)}{2} + \frac{(d_1+d_2)^2}{4 \cdot a} \quad (2.24)$$

$$L' = 2 \cdot 273 + \frac{3{,}14(80+340)}{2} + \frac{(80+340)^2}{4 \cdot 273} = 1267{,}6 \text{ мм.}$$

Орієнтовне значення числа зубів паса буде рівне:

$$Z'_{\text{п}} = \frac{L'}{\pi \cdot m} = \frac{1267{,}6}{3{,}14 \cdot 4} = 100{,}9 \quad (2.25).$$

Остаточно приймається число зубів паса 100 штук, тобто $Z_{\text{п}}$ = 100.

Остаточна довжина паса буде рівна:

$$L = \pi \cdot m \cdot Z_{\text{п}} = 3{,}14 \cdot 4 \cdot 100 = 1256 \text{ мм} \quad (2.26)$$

Уточнене значення міжосьової відстані знаходять за формулою:

$$a = 0.25\left(L - \Delta_1 + \sqrt{(L-\Delta_1)^2} - 8 \cdot \Delta_2\right) \quad (2.27)$$

де $\Delta_1 = 0{,}5 \cdot \pi(d_1 + d_2) = 0{,}5 \cdot 3{,}14(80 + 340) = 659{,}73$ мм;

$\Delta_2 = 0{,}25 \cdot (d_1 + d_2)^2 = 0{,}25 \cdot (80 + 340)^2 = 16900$ мм.

Отже

$$a = 0{,}25\left(1256 - 659{,}73 + \sqrt{(1256-659{,}73)^2} - 8 \cdot 16900\right) = 266 \text{ мм}$$

Необхідну ширину паса розраховуємо за формулою:

$$B = \frac{2 \cdot T_1}{d_1(g - g_m \cdot V^2)} \quad (2.28)$$

де T_1 - крутний момент на привідному шківі, в даному випадку він дорівнює крутним моментом на валу двигуна T_1 = 14,7 Нм;

g_m - маса одного метра довжини паса шириною один сантиметр, кг; приймається рівною при модулі m = 4 мм - g_m = 0,005 кг/м;

V - швидкість обертання меншого шківа:

$$V = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot d_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{3{,}14 \cdot 1425 \cdot 80}{60 \cdot 10^3} = 5{,}97 \text{ м/с.} \quad (2.29)$$

Тоді

$$B = \frac{2 \cdot 14{,}7}{80 \cdot (12{,}45 - 0{,}005 \cdot 5{,}97^2)} = 29{,}9 \text{ мм}$$

Керуючись вимогами безпеки для підвищення ресурсу паса остаточно його ширина приймається В = 40 мм з нормалізованого ряду [10].

$$F_0 = 1{,}2 \cdot g_m \cdot b \cdot V^2 = 1{,}2 \cdot 0{,}005 \cdot 40 \cdot 5{,}97^2 = 8{,}55 \text{ Н} \quad (2.30)$$

Уточнене передаточне відношення зубчастої пасової передачі:

$$i_{\text{п}} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{340}{80} = 4{,}25 \quad (2.31)$$

Максимальний діаметр шківів

$$d_a = d - 2 \cdot \delta + K \quad (2.32)$$

де d - ділильний діаметр шківа, мм;

δ - відстань від западини зуба паса до середньої лінії металевого троса, (для пасів з модулем m = 4 мм приймається рівним 0,6 мм);

K - коефіцієнт, який враховує навантаження і видовження троса, який поліпшує розподіл навантаження між зубами паса на дузі обхвату:

$$K = \frac{0{,}15 \cdot F_t \cdot \lambda \cdot z}{B} \quad (2.33)$$

де F_t – колова сила, Н:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 14{,}7}{80 \cdot 10^{-3}} = 367{,}5 \text{ Н} \quad (2.34)$$

λ - коефіцієнт поздовжнього видовження троса, приймається λ = 0,003 Н/мм^2.

Для ведучого шківа:

$$K_1 = \frac{0{,}15 \cdot 367{,}5 \cdot 0{,}003 \cdot 20}{40} = 0{,}1$$

Для веденого шківа:

$$K_1 = \frac{0{,}15 \cdot 367{,}5 \cdot 0{,}003 \cdot 85}{40} = 0{,}4$$

Підставивши значення K отримаємо:

Для ведучого шківа:

$$d_{a1} = 80 - 2 \cdot 0{,}6 + 0{,}1 = 78{,}9 \quad \text{мм.}$$

Для веденого шківа:

$$d_{a2} = 340 - 2 \cdot 0{,}6 + 0{,}4 = 338{,}4 \quad \text{мм.}$$

Діаметр западин визначається за формулою:

$$d_f = d - 1{,}8 \cdot m \tag{2.35}$$

Отже для ведучого шківа:

$$d_{f1} = 80 - 1{,}8 \cdot 4 = 72{,}8 \ \text{мм.}$$

Для веденого шківа:

$$d_{f2} = 340 - 1{,}8 \cdot 4 = 332{,}8 \ \text{мм.}$$

Ширина шківів визначається за формулою (для обох шківів):

$$B = B + m = 40 + 4 = 44 \text{ мм} \tag{2.36}$$

Основні геометричні параметри шківів зведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні геометричні параметри шківів

Найменування параметрів шківів	Значення параметрів шківів	
	ведучого	веденого
Крок зачеплення, *t* мм	12,6	
Діаметр ділильного кола, *d*, мм	80	340
Діаметр кола виступів, d_a, мм	78,9	359,2
Діаметр кола западин, d_f, мм	74,4	332,8
Ширина шківів, *B*, мм	44	
Кут западин, 2 γ град	40+2	

2.3. Проектування і розрахунок опор гвинта

У зв'язку з тим, що на гвинт діє велике осьове навантаження і незначна радіальна сила, був обраний варіант опор з конічними радіально-упорними роликовими однорядними підшипниками.

Радіальна реакція в першій опорі визначається за формулою:

$$F_{r1} = -\frac{P_\Gamma \cdot 95}{2237} \tag{2.37}$$

де $P_Г$ - сила, що діє на гвинт, Н:

$$P_\Gamma = 1{,}1 \cdot F_t = 1{,}1 \cdot 367{,}5 = 404{,}25 \ H \tag{2.38}$$

$$F_{r1} = -\frac{404{,}25 \cdot 95}{2237} = -17{,}2 \text{ Н}$$

Знак «-» вказує на те, що реакція спрямована в протилежний бік.

Радіальна реакція в другій опорі визначається за формулою:

$$F_{r2} = P_{\Gamma} - F_{r1} = 404{,}25 - (-12{,}2) = 421{,}45 \text{ Н} \quad (2.39)$$

Для розрахунку підшипників необхідно задатися початковими даними. Попередньо приймаємо радіально-упорний роликовий однорядний конічний підшипник середньої широкої серії 7611, ГОСТ 333-79.

Для визначення осьових навантажень F_{a1} і F_{a2} використаємо рівняння:

$$F_{a1} - P - F_{a2} = 0 \quad (2.40)$$

Для його вирішення необхідні додаткові умови. Це завдання вирішується методом введення внутрішні осьові сил, які визначаються за формулою:

$$S_i = e' \cdot F_{ri} \quad (2.41)$$

де *e'* - параметр осьового навантаження (для підшипника 7611 *e'* = 0,27);

Для першої опори:

$$S_1 = 0{,}27 \cdot 17{,}2 = 4{,}64 \text{ Н}$$

Для другої опори:

$$S_2 = 0{,}27 \cdot 421{,}45 = 113{,}8 \text{ Н}$$

Приймаємо:

$$F_{ar} = S_2 = 113{,}8 \text{ Н}$$

Згідно рівняння (2.40) знайдемо F_a:

$$F_{a1} = P + F_{a2} = 32000 + 113{,}8 = 32113{,}8 \text{ Н}$$

Для сприйняття значень отриманих реакцій необхідним є виконання умови:

$$F_{a1} \geq S_i \quad (2.42)$$

В даному випадку:

$$F_{a1} = 32113{,}8 \geq S_1 = 4{,}64 \text{ Н}$$

Тому реакції F_{a1} і F_{a2} остаточно приймаються для розрахунку.

Еквівалентне динамічне навантаження визначається за формулою:

$$P_r = X \cdot V \cdot F_r \cdot Y \cdot F_a \cdot K_б \cdot K_T \quad (2.43)$$

де *X* - коефіцієнт радіального навантаження;

V - коефіцієнт обертання, що залежить від того, яке кільце обертається, в даному випадку $V = 1$;

Y - коефіцієнт осьового навантаження;

$K_б$ - коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження, приймається $K_б = 1{,}1$;

K_T - температурний коефіцієнт, приймається $K_T = 1$.

Коефіцієнти X і Y визначаються в залежності від співвідношення $F_a/(V+F_r)$.

Для першої опори:

$$\frac{F_{a1}}{V \cdot F_{r1}} = \frac{32113{,}8}{1 \cdot 17{,}2} = 1867 > 1$$

Отже, приймаються:

$$X_1 = 0{,}4; \qquad Y_1 = \text{l}, 88.$$

Для другої опори:

$$\frac{F_{a2}}{V \cdot F_{r2}} = \frac{113{,}8}{1 \cdot 421{,}45} = 0{,}27 < 1$$

Отже, приймемо:

$$X_2 = \text{l}; \qquad Y_2 = 0.$$

Підстановка знайдених коефіцієнтів у формулу (2.43) дає наступні значення еквівалентного навантаження:

для першої опори:

$$P_{r1} = (0{,}4 \cdot 1 \cdot 17{,}2 \cdot 1{,}88 \cdot 32113{,}8) \cdot 1{,}1 \cdot 1 = 66419 \text{ Н}. \qquad (2.44)$$

для другої опори:

$$P_{r2} = (1 \cdot 1 \cdot 421{,}45 + 0 \cdot 113{,}8) \cdot 1{,}1 \cdot 1 = 463{,}6 \text{ Н}.$$

Враховуючи, що $P_{r1} > P_{r2}$ розраховується тільки перший підшипник.

Еквівалентна довговічність підшипника визначається за формулою:

$$L_{he} = K_{He} \cdot L_h \qquad (2.45)$$

де K_{He} - коефіцієнт, що враховує режим навантаження, $K_{He} = 0{,}18$;

L_h - ресурс підшипника (необхідний), приймається рівним ресурсу гвинта, тобто $L_h = 2500$ год.

$$L_{he} = 0{,}18 \cdot 2500 = 450 \text{ год}$$

Ресурс, який вимірюється в мільйонах обертів, визначається за формулою:

$$L_e = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot L_{he} \quad (2.46)$$

де n - частота обертання кільця підшипника, раніше знайдена n = 336 об/хв..

$$L_e = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 336 \cdot 450 = 9{,}07 \quad \text{млн.об.}$$

Динамічна вантажопідйомність

$$C = P\sqrt[3]{L_e} = 66419 \cdot \sqrt[3]{9{,}07} = 138387 \quad (2.47)$$

де P - еквівалентна навантаження, $P = P_{Гl}$ = 66419 Н;

Отримане значення C є меншим від паспортного C_n (для підшипника 7611 $C_{\text{п}}$ = 145 кН), отже за динамічною вантажопідйомністю підшипник 7611 можна прийняти.

Друга умова вибору підшипника має вигляд:

$$P_0 < C_0 \quad (2.48)$$

де P_o - еквівалентна статичне навантаження, Н;

C_o - статична вантажопідйомність (для підшипника 7611 C_o = 137 кН);

Еквівалентна статичне навантаження визначаємо за формулою:

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad (2.49)$$

де F_r - радіальне навантаження Н;

X_o - коефіцієнт радіального навантаження, (для підшипника 7611 X_o = 0,5);

Y_o - коефіцієнт осьової статичного навантаження, (для підшипника 7611 Y_o=1,04).

Підставивши числові значення коефіцієнтів і навантажень в формулу (2,49) матимемо:

$$P_0 = 0{,}5 \cdot 17{,}2 + 1{,}04 \cdot 32113{,}8 = 33407 \text{ Н}$$

Отже:

$$P_o = 33407 < C_0 = 137000 \text{ Н}.$$

Отже, умова (2.48) виконується, а це означає, що підшипник підходить і за статичною вантажопідйомністю.

2.4. Розрахунок тягового приводу веденої підйомної лапи

Як вже зазначалося раніше в п. , для приводу веденої підйомної лапи була обрана тросово-блокова система. Основними її характеристиками є діаметр сталевого каната і діаметр блоку.

Для вибору сталевого каната користуються умовою:

$$S_{\text{розр}} \geq S_{max} \cdot n \tag{2.50}$$

де $S_{розр}$ - розривне зусилля каната, Н;

n - коефіцієнт запасу міцності, для тягового каната, приймається n = 4;

S_{max} - максимальний натяг каната, який визначається за формулою:

$$S_{max} = \frac{G}{\eta_{\text{бл}}^{m}} \tag{2.51}$$

де G - вага вантажу, який піднімається, (в даному випадку ця вага приймається рівним половині вантажопідйомності), тобто

$$G = \frac{M \cdot g}{2} \tag{2.52}$$

де M - вантажопідйомність, кг;

$$G = \frac{3000 \cdot 9{,}81}{2} = 14700 \text{ Н.}$$

$\eta_{бл}$ - коефіцієнт корисної дії блоку, (приймаємо $\eta_{бл}$ = 0,972); m - число блоків.

Тоді

$$S_{max} = \frac{14700}{0.972} = 16000 \text{ Н.}$$

Підставивши отримане значення S_{max}, а також коефіцієнт запасу міцності в формулу (2.50) маємо:

$$S_{\text{розр}} = 16000 \cdot 4 = 64 \text{ кН.}$$

Виходячи з отриманого і враховуючи умову (2.50), вибираємо двічі кручений канат ЛК-РО конструкції 6х36 ГОСТ 7669-80 діаметром 10,5 мм.

Допустимий діаметр блоку визначається за формулою:

$$D_{\text{бл}} = e \cdot d_{\text{к}} \tag{2.53}$$

де e - коефіцієнт, що залежить від вантажопідйомності і режиму роботи, (e = 16);

$d_к$ - діаметр каната.

$$D_{\text{бл}} = 16 \cdot 10{,}5 = 168 \quad \text{мм.}$$

2.5. Змащування тертьових поверхонь

У запропонованій конструкції підйомника мащення потребують кулькова гвинтова пара та підшипники опор гвинта. Підшипники блоків прийняті закритого виконання, тому мастила не вимагають. Для підшипників опор вибираємо пластичне мастило. Цей варіант не вимагає спеціальних пристроїв, які подають мастило в зону контакту.

Для підшипників опор гвинта запропонована мастило ЦИАТИМ-202 ГОСТ 11110-75; для змащення кулькової гвинтової пари – мастило УС-2 ГОСТ 1033-79.

Для ущільнення підшипникових опор вибираємо ущільнювальні манжети ГОСТ 8752-70. Для заповнення вузлів мастилом в кришках корпусів підшипників встановлені маслянки. Мащення кульок гвинтової пари виконується через отвори в корпусі гайки, закриті маслянки.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Вихідні дані

Для визначення ефективності модернізації підйомника для станції технічного обслуговування автомобілів розглянемо випадок, коли СТО входить до складу автотранспортного підприємства, яке виконує транспортні перевезення для мережу магазинів в межах м. Львів. Для цього розглянемо показники роботи одного автомобіля вантажопідйомність до 1,5 т.

Для розвезення по мережі магазинів з підприємства (складу) автомобілем вирушало в середньому близько 1,14 тони вантажів, назад поверталося близько 260 кг. При цьому відбувався пробіг у середньому 200 (двісті) кілометрів.

Як вихідні дані для розрахунків приймались середньодобовий пробіг, кількість днів роботи обслуговуючого персоналу, річний пробіг автомобіля.

Усі вихідні дані зведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані до розрахунків

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Умовні позначення	Значення показників	
			існуючі	проектні
Середньодобовий пробіг	км	$L_{ср}$	200	200
КТГ	-	J_T	0,85	0,89
Кількість робочих днів у році	дні	$Д_{рр}$	251	251
Річний пробіг		$L_р$	42670	44678

3.2. Коригування нормативів технічної експлуатації автомобіля

Основними нормативами технічної експлуатації є періодичності обслуговування, трудомісткість обслуговування та ремонту, а також ресурсний пробіг.

Коригування періодичностей обслуговувань виконаємо за формулою [1]:

$$L_i = L_i^{\text{н}} \cdot K_1 \cdot K_3; \quad (3.1)$$

де $L_i^{\text{н}}$ – нормативна періодичність обслуговування, км;

K_1 - коефіцієнт, який враховує категорію умов експлуатації (для розрахунку приймаємо третю категорію умов експлуатації);

K_3 - коефіцієнт, який враховує кліматичний район (приймаємо помірний кліматичний пояс);

Для ТО-1 формулу (3.1) можна записати у вигляді:

$$L_1 = L_1^{\text{н}} \cdot K_1 \cdot K_3; \quad (3.2)$$

Зважаючи на те, що для автомобілів такої вантажопідйомності періодичність ТО-1 становить 4000 кілометрів, прийнявши K_1 = 0,8; K_3 = 1,0, отримуємо:

$$L_1 = 4000 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 3200 \text{ км.}$$

Для ТО-2 формулу (3.1) можна записати у вигляді:

$$L_2 = L_2^{\text{н}} \cdot K_2 \cdot K_3; \quad (3.3)$$

Враховуючи, що періодичність ТО-2 становить 16000 кілометрів, отримаємо:

$$L_2 = 16000 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 12800 \text{ км.}$$

Коригування ресурсного пробігу здійснюється за формулою:

$$L_{\text{рп}} = L_{\text{рп}}^{\text{н}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3; \quad (3.4)$$

де $L_{\text{р}}^{\text{н}}$ – нормативний ресурсний пробіг, км;

K_2 - коефіцієнт, який враховує модифікацію рухомого складу.

Нормативний ресурсний пробіг становить 350000 кілометрів. Підставивши це значення у формулу (3.4), а також враховуючи, що K_2 =1,0 отримаємо:

$$L_{\text{рп}} = 350 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 = 280 \text{ тис. км.}$$

Коригування трудомісткості обслуговувань здійснюється за формулою:

$$t_i = t_i^{\text{н}} \cdot K_2 \cdot K_5; \quad (3.5)$$

де $t_i^{\text{н}}$ – нормативна трудомісткість обслуговування, люд. год;

K_5 - коефіцієнт, який враховує зберігання автомобіля (в даному випадку приймається закрите зберігання з $K_5 = 0{,}9$).

Для щоденних обслуговувань формулу (3.5) можна записати в наступному вигляді:

$$t_{щ} = t_{щ}^{н} \cdot K_2 \cdot K_5; \quad (3.6)$$

З огляду на те, що нормативна трудомісткість щоденного обслуговування $t_{щ}^{н} = 0{,}45$ люд. год, матимемо:

$$t_{щ} = 0{,}45 \cdot 1 \cdot 0{,}9 = 0{,}405 \text{ люд. год.}$$

Для ТО-1 формулу (3.6) можна записати у такому вигляді:

$$t_1 = t_1^{н} \cdot K_2 \cdot K_5; \quad (3.7)$$

При $t_1^{н} = 1{,}9$ люд. год, матимемо:

$$t_1 = 1{,}9 \cdot 1 \cdot 0{,}9 = 1{,}71 \text{ люд. год.}$$

Для ТО-2 формулу (3.6) можна записати у такому вигляді:

$$t_2 = t_2^{н} \cdot K_2 \cdot K_5 ; \quad (3.8)$$

З урахуванням того, що нормативна трудомісткість ТО-2 дорівнює $t_2^{н} = 10{,}4$ люд. год:

$$t_2 = 10{,}4 \cdot 1 \cdot 0{,}9 = 9{,}36 \text{ люд. год.}$$

Коригування трудомісткості поточного ремонту проводиться за формулою:

$$t_{пр} = t_{пр}^{н} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 ; \quad (3.9)$$

де $t_{пр}^{н}$ – нормативна трудомісткість поточного ремонту, люд. год./100 км;

K_4 - коефіцієнт, який враховує кількість технологічно сумісного рухомого складу.

Враховуючи те, що нормативна трудомісткість поточного ремонту дорівнює $t_{пр}^{н} = 3{,}5$ люд.год/100км, а $K_1 = 1{,}2$; $K_2 = 1$; $K_3 = 1$; $K_4 = 1{,}55$; $K_5 = 0{,}9$ отримаємо:

$$t_{пр} = 3{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}55 \cdot 0{,}9 = 5{,}86 \text{ люд.год/1000 км.}$$

Усі отримані результати зведено у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Нормативи технічного обслуговування

Назва нормативу	Нормативне значення	Коефіцієнти корегування					Коректоване значення
		$К_1$	$К_2$	$К_3$	$К_4$	$К_5$	
Періодичність, км							
ТО-1	4000	0,8	1,0	1,0	-	--	3200
ТО-2	16000	0,8	1,0	1,0	-	-	12800
Ресурсний пробіг, тис. км	350	0,8	1,0	1,0	-	-	280
Трудомісткість, люд. год.							
ЩТО	0,45	-	1,0	-	-	0,9	0,405
ТО-1	1,9	-	1,0	-	-	0,9	1,71
ТО-2	10,4	-	1,0	-	-	0,9	9,36
ПР люд. год/1000 км	3,45	1,2	1,0	1,0	1,55	0,9	5,86

3.3 Визначення річної програми робіт

Річна програма робіт для ТО-2 визначається за формулою:

$$\sum N_2 = \frac{L_p}{L_2}; \quad (3.10)$$

Підставивши наявні дані у вихідну формулу (3.10) матимемо:

$$\sum N_2 = \frac{44678}{12800} = 3{,}49$$

Остаточно приймаємо:

$$\sum N_2 = 3$$

Річна програма робіт для ТО-1 визначається за формулою:

$$\sum N_1 = \frac{L_p}{L_1} - \sum N_2; \quad (3.11)$$

Підставивши необхідні дані у вихідну формулу (3.11) отримаємо:

$$\sum N_1 = \frac{44678}{3200} - 3 = 10{,}96.$$

Кінцево приймаємо:

$$\sum N_1 = 11$$

Річна програма для щоденного обслуговування визначається за формулою:

$$\sum N_{щ} = Д_{р.г.} \cdot J_T; \quad (3.12)$$

Підстановка даних з табл. 3.2 у формулу (3.12) маємо:

$$\sum N_{щ} = 251 \cdot 0{,}89 = 223{,}4$$

Остаточно приймаємо:

$$\sum N_{щ} = 223$$

Річна програма робіт, які проводяться перед технічними обслуговуваннями та ремонтом визначається за формулою [ ]:

$$\sum N_{по} = 1{,}6 \cdot (\sum N_1 + \sum N_2); \quad (3.13)$$

Підстановка отримані раніше результати у формулу (3.13) отримаємо:

$$\sum N_{по} = 1{,}6 \cdot (11 + 3) = 22{,}4$$

Кінцево приймаємо:

$$\sum N_{по} = 22$$

Отримані результати зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. – Річна програма робіт

Вид технологічної операції технічного обслуговування	Позначення	Значення
ТО-1	$\sum N_1$	11
ТО-2	$\sum N_2$	3
ЩТО	$\sum N_{щ}$	223
Обслуговування перед технічним обслуговуванням та ремонтом	$\sum N_{по}$	22

4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1. Аналіз потенційних і шкідливих факторів

На авторемонтних підприємствах існує кілька потенційних травмонебезпечних і шкідливих чинників, властивих кожному виду робіт. При роботі автослюсарів на постах технічного обслуговування і ремонту існує небезпека падіння вивішеного автомобіля (підйомники старої конструкції), так само існує небезпека ураження робочого електричним струмом, наприклад при замиканні однієї з обмоток електродвигуна на «масу».

Крім того, автомобіль заїжджає на пост своїм ходом, тобто з працюючим двигуном (а іноді для проведення впливів необхідна робота двигуна), а це призводить до підвищення в навколишньому повітрі концентрації чадного газу, незгорілих фракцій бензину і зменшення концентрації кисню.

Сажа, що міститься в відпрацьованих газах, володіє більшою токсичністю, ніж звичайний пил. На поверхні частинок сажі абсорбуються канцерогенні речовини. Видимими автомобільні викиди стають при концентрації сажі 130 мг / м3. Розміри частинок складають 0,19 - 0,54 мкм і можуть досягати альвеол легких або відкладатися в носових пазухах, трахеї або бронхах. Сажа, осідаючи на стінах, обладнанні, стелі надалі може спровокувати онкологічні захворювання. Осідання сажі на склі заважає проникненню денного світла в приміщення, таким чином, знижуючи освітленість робочих місць.

При шліфуванні колінчастих валів і заточування інструментів існує небезпека розлому шліфувального круга і розльоту осколків (в тому числі і в сторону робочого). Для запобігання цьому шліфувальні круги закриті кожухами. Однак при терті кола об поверхню вала, частки вириваються з поверхні металу і каменю утворюють пил, якою дихає робочий. При недостатній місцевої витяжці пил проникає в дихальні шляхи і може викликати захворювання легенів.

Установка валів вручну не виключає ймовірність ударів кінцівок, пошкодження м'язів спини і хребта.

Основний шкідливий чинник, який діє на зварювальників - це випромінювання від електричної дуги. Оскільки світлова енергія, що виділяється

при горінні дуже велика, і летять бризки розпеченого металу, відсутність захисту відкритих поверхонь тіла може привести до теплових, термічним опіків і опіків рогівки ока.

При горінні флюсу електрода виділяється велика кількість газів, в тому числі шкідливих для організму людини. При газовому зварюванні існує можливість витоку ацетилену або пропану з балона і при «критичної» концентрації (найбільш сприятливе співвідношення горючого газу і кисню) можливий вибух.

Особливих умов вимагають малярні роботи. Принцип роботи повітряного розпилювача передбачає приготування фарбувального матеріалу малої в'язкості, що досягається при додаванні великої кількості розчинника. Після нанесення фарби на поверхню металу, він починає інтенсивно випаровуватися, а при ударі струменя фарби з розпилювача на метал утворюється хмара з її найдрібніших частинок. При вдиханні парів розчинника і фарби і попаданні їх через пори шкіри в організм, може спричинити серйозне отруєння, тому малярі працюють в спеціальних захисних комбінезонах і масках, але і це не є надійним захистом. У фарбувальних заходах беруть участь шість працівників і для них проводяться елементарні реабілітаційні заходи. Організовується гарне харчування, безкоштовна видача молока. Підвищення температури в камері забарвлення (сушка автомобіля проводиться при температурі 110 ° С), легкозаймисті фарби і розчинники збільшують пожежонебезпека.

Для зменшення концентрації отруйних парів в фарбувально-сушильної камери використовується гідрофільтри і система спрямованої вентиляції.\

4.2. Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій

Кожний небезпечний виробничий фактор незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону своєї дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення. То її можна вважати постійною. Якщо в процесі роботи така зона може змінюватися внаслідок зміни рівня небезпечного фактора, його переміщень у просторі, то вона буде змінною.

У деяких випадках (аварійна ситуація) небезпечний виробничий фактор може значно виходити за межі визначеної (фіксованої) зони. При цьому небезпека травмування працюючого виникає уже за межами небезпечної зони, що була встановлена заздалегідь. Ось чому кожний працюючий на конкретній машині чи на певному робочому місці завжди повинен добре знати про таку небезпеку.

Під час роботи з автопідйомниками на СТО постійні небезпечні зони виникають під час підіймання, обслуговування та опускання автомобілів.

У процесі роботи внаслідок порушення нормативних вимог охорони праці, допущення помилок, виникає можливість потрапляння людини в небезпечну зону. Дія, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, вважається небезпечною. Під роботи підйомника попадання в небезпечну зону може бути внаслідок відсутності попереджувального знаків небезпечних місць, відсутності страхувальних ланцюгів, несправностям гідравлічної системи, порушення відповідних правил експлуатації підйомника і його обладнання.

Робота машини може супроводжуватися небезпечними умовами, яка визначається недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання, низьким рівнем організації праці [3].

Вищенаведені явища, що формують небезпечну, ситуацію мають певну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і їх наслідки - аварія (А), травма (Т) належать до випадкових явищ. Виявити їх завчасно і попередити ці наслідки вдається не завжди.

У зв'язку з цим необхідно моделювати процеси формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків, і на підставі їхнього аналізу попереджувати існуючі і потенційні небезпеки.

Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час обслуговування автомобілів з використанням електромеханічного підйомника СДО-3 та визначення заходів з їх запобігання наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Моделювання процесів виникнення травмонебезпечних ситуацій під час роботи підйомника

Вид робіт, склад агрегату	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Підіймання автомобілів	Несправний захватний пристрій підйомника $НУ_1$	Використання підйомника з несправним (неправильно відрегульо-ваним) захватним пристроєм НД	Захватний пристрій не надійно фіксує автомобіль $НС_1$. Відбувається падіння автомобіля $НС_2$, в зоні підйомника знаходиться людина $НС_3$.	Аварія, травма	Захватний пристрій повинен бути справний і відрегульо-ваний згідно розмірів автомобіля. Не допускається перебування людей в зоні роботи підйомника.
	Модель процесу $НУ_1 \rightarrow НД \rightarrow НС_1 \rightarrow НС_2 \rightarrow НС_3 \rightarrow А$, Т				
Обслуговуван ня автомобіля	Під час обслуговуванн я автомобіля працівник не заблокував підйомник $НУ_1$.	Під час обслуговування майстер допускає розгойдування автомобіля $НД_1$.	Можлива втрата рівноваги й падіння автомобіля $НС_1$	Аварія	Під час обслуговування автомобіля необхідно блокувати підйомник. Не допускати розгойдування піднятого автомобіля.
	Модель процесу $НУ_1 \rightarrow НД_1 \rightarrow НС_1 \rightarrow А$				

4.3. Розробка вимог з техніки безпеки при роботі з підйомником

Перед початком роботи з підйомником уважно ознайомтеся з інструкцій по експлуатації та повністю дотримуйтесь її положенням. Завжди тримайте інструкцію по експлуатації в доступному місці.

Знак НЕБЕЗПЕКА попереджає про можливість отримання травм або інших збитків в разі недотримання інструкції з експлуатації.

Знак УВАГА попереджає про відповідне пошкодження в разі недотримання інструкції з експлуатації.

Знак ПРИМІТКА зазначає додаткову інформацію.

- Уважно прочитайте інструкцію з техніки безпеки. Забезпечити умови для безпечного попереджає виробничий травматизм і нанесення збитків.

- Ретельно дотримуйтесь національних та міжнародних заходів безпеки на виробництві.

- Дотримання інструкцій по техніці безпеки є обов'язком оператора, що працює на підйомнику.

4.3.1 Техніка безпеки при введенні в експлуатацію

Підйомник може бути введений в експлуатацію тільки авторизованим персоналом.

Стандартна версія підйомника не може бути встановлена в небезпечних місцях розташування або близько легкозаймистих рідин. Підйомники у вибухозахищеному виконанні поставляються за запитом.

4.3.2. Техніка безпеки при роботі з підйомником

- Використовуйте підйомник тільки за призначенням.

- До роботи на підйомнику допускається тільки навчений персонал старше 18 років.

- Не перевантажуйте підйомник, вантажопідйомність підйомника відзначена на табличці.

- При підйомі автомобіля враховуйте розподіл навантаження по колесах.

- Не допускається наявність людей в безпосередній близькості від підйомника, на підйомнику або в автомобілі під час спуску/підйому.

- Завжди використовуйте всі чотири важеля для підхоплення автомобіля.

- Мінімальна відстань між підхватами 700 мм.

- Завжди використовуйте тільки рекомендовані виробником автомобіля точки підхоплення.

- Завжди використовуйте спецзахвати при знятті або установці важких агрегатів або запчастин на автомобіль.

- Не захаращуйте підйомник і робочу зону інструментом, запчастинами тощо.

- Видаліть всі підставки, інструмент і т.д. перед спуском автомобіля.

- Уважно стежте за автомобілем під час циклів спуску/підйому.

- Захищайте всі електрообладнання від вологості і вогкості.

- Захищайте підйомник від несанкціонованого використання блокуванням головного вимикача.

4.3.3. Техніка безпеки при технічному обслуговуванні

- Сервісні роботи, такі як технічне обслуговування або ремонт, повинні проводитися тільки авторизованим сервісним персоналом.

- Вимкніть і заблокуйте головний вмикач перед проведенням будь-якого ремонту або сервісного обслуговування.

- До роботи з імпульсними генераторами або датчиками положення допускається тільки кваліфікований навчений персонал.

- До роботи з електричним обладнанням допускається тільки навчений кваліфікований персонал.

4.3.4. Інша інформація

- Для приміщень з низькими стелями рекомендується використовувати захисний світловий бар'єр.

- Застосування парових або високого тиску очищувачів може привести до пошкодження обладнання.

- Використання чистячих рідин, що впливають на фарбу, покриття або ущільнювачів, може привести до пошкодження обладнання.

4.3.5. Елементи безпеки

• Функція «мертва людина», оператору необхідно утримувати головний вмикач в робочому положенні весь час підйому/спуску підйомника.

• Електронний контроль синхронізації, який забезпечує синхронний підйом і опускання обох кареток.

• Запобіжна гайка. При руйнуванні опорної гайки сприймає все навантаження на себе, забезпечуючи тим самим безпечний спуск підйомника.

• Електронний контроль стану опорної гайки на кожній колоні підйомника. У разі поломки опорної гайки підйом стає неможливим. Підйомник може бути приведений тільки в початкову позицію.

• Візуальний контроль зносу опорної гайки передбачає своєчасну її заміну.

• Електронний контроль стану приводного паса на кожній колоні. При обриві приводного паса обидва двигуни вимикаються автоматично.

• Захист електродвигунів від перевантаження.

• Бар'єр захисту від випадкового потрапляння стопи під опорні важелі.

• Блокування опорних важелів від повороту в піднятому положенні.

4.4. Перевірочний розрахунок електромагнітного гальма

Мета роботи - переконатися в достатності вбудованого електромагнітного гальма для утримання автомобіля.

Для прийняття існуючої конструкції необхідно виконання умови:

$$М_{гальм} > К \cdot М_{дв} \quad (4.1)$$

де $М_{гальм}$ - гальмівний момент вала двигуна ($М_{гальм}$ = 18 Нм);

К - коефіцієнт запасу (приймається К = 2);

$М_{дв}$ - момент згвинчування гвинтової пари, наведеної до валу електродвигуна, визначається за формулою:

$$М_{дв} = М_{в} \frac{1}{І_{п}} \cdot \eta_{п} \cdot \eta_{р} \quad (4.2)$$

де $M_в$ - момент згвинчування гвинтової пари, визначається по формулі:

$$M_B = 0{,}5 \cdot F \cdot d \cdot t_q \left(x - u\right) \quad (4.3)$$

де *F* - навантаження, яке діє на гвинт, Н:

$$F = Q \cdot g \cdot \eta_{бл}^{3} \cdot \eta_{р} \quad (4.4)$$

$$F = 3000 \cdot 9.81 \cdot 0{,}98^{3} \cdot 0{,}976 = 27007 \text{ Н}$$

Підстановка отриманого значення навантаження в вихідну формулу (4.3.), а також враховуючи: $d = 63 \cdot 10^{-3}$ м; $x = 2°\ 53'$, u = 0°30′56″, маємо:

$$M_B = 0{,}5 \cdot 27007 \cdot 63 \cdot 10^3 \cdot t_q = 35 \quad \text{Нм.}$$

Підставивши отримане значення моменту згвинчування в вихідну формулу (4.2.), а також з врахуванням: $I_{рп} = 4{,}25$; $\eta_{рп} = 0{,}97$; $\eta_п = 0{,}99$, маємо:

$$M_{дв} = 35 \frac{1}{4{,}25} \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}97 = 7{,}91 \quad \text{Нм.}$$

Тоді умова (4.1.) має вигляд:

$$2 \cdot 7{,}91 = 15{,}8 < M = 18 \text{ Нм.}$$

Тобто умова (4.1.) виконується, отже, можна стверджувати: гальмо забезпечує зупинку вивішеного автомобіля.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Необхідність удосконалення електромеханічного підйомника автомобілів типу СДО-3 обумовлена необхідністю покращення надійності його роботи і зменшення затрат енергії на привід.

5.1. Визначення вартості конструктивної розробки

Вартість конструктивного удосконалення складається із суми затрат на удосконалення гвинтової передачі підйомника, вартості заміни електродвигуна приводу ходового гвинта, заміни клинопасової передачі на зубчасту пасову, а також заміни ланцюгової передачі на блоково-тросову.

Проектований вузол гвинтової пари планується винготовляти в заводських умовах з розрахунку на 1 кг ваги вузла.

Для виготовлення гвинтової пари приймаємо сталь марки 40 ХФА. Середня ціна 1 кг такої сталі становить 98 грн/кг.

Вартість вузла з розрахунку на вагу матеріалу становить:

$$B_в = 85{,}6 \times 145 = 12412 \text{ грн} \quad (5.1)$$

Перелік та характеристика операцій, передбачених технологією виготовлення деталей підйомника наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Характеристика виконуваних робіт

Види робіт	Трудомісткість люд. год	Розряд	Тарифна ставка, грн.	Тарифний фонд, грн.
Зварювальна	6,1	IV	5,4	32,94
Верстатна	35,3	V	6,5	229,45
Електромонтажна	4,6	V	6,1	28,06
Складальна	11,1	IV	4,8	53,28
	∑ = 57,1			∑ = 343,78

Затрати праці на модернізацію підйомника $З_п$ = 57,1 люд. год.

Нарахування на доплату за професійну майстерність складатимуть:

$$З_{проф} = Т_ф \cdot 16\%, \quad (5.2)$$

$$З_{проф} = 343{,}78 \times 0{,}16 = 54{,}99 \text{ грн}$$

Відрахування на преміювання працівників становитимуть:

$$З_{пр} = Т_ф \cdot 50\ \%, \quad (5.3)$$

$$З_{пр} = 343{,}78 \cdot 0{,}5 = 171{,}89 \text{ грн}$$

Надбавка за безперервний стаж роботи становить:

$$З_{ст} = Т_ф \cdot 30\ \%, \quad (5.4)$$

$$З_{ст} = 343{,}78 \cdot 0{,}3 = 103{,}13 \text{ грн}$$

Відрахування в фонд відпустки складають:

$$З_{відп} = (Т_ф + З_{проф} + З_{пр} + З_{ст}) \cdot 11{,}3\ \% \quad (5.5)$$

$$З_{відп} = (343{,}78 + 54{,}99 + 171{,}89 + 103{,}13) \cdot 0{,}113 = 76{,}14 \text{ грн}$$

Відрахування у фонд оплати праці будуть рівні:

$$З_{фоп} = (Т_ф + З_{проф} + З_{пр} + З_{ст} + З_{відп}) \cdot 20{,}4\ \% \quad (5.6)$$

$$З_{фоп} = (43{,}78 + 54{,}99 + 171{,}89 + 103{,}13 + 76{,}14) \cdot 0{,}204 = 152{,}99 \text{ грн}$$

Затрати на роботу обладнання в виробничих цехах становитимуть:

$$З_ц = (Т_ф + З_{проф} + З_{пр} + З_{ст} + З_{відп} + З_{фоп}) \cdot 142\ \% \quad (5.7)$$

$$З_ц = (43{,}78 + 54{,}99 + 171{,}89 + 103{,}13 + 76{,}14 + 152{,}99) \cdot 1{,}42 =$$

$$= 1282{,}15 \text{ грн}$$

Повна вартість виготовлення гвинтової пари буде рівна:

$$В_{повна} = В_в + Т_ф + З_{проф} + З_{пр} + З_{ст} + З_{відп} + З_{фоп} + З_ц \quad (5.8)$$

$$В_{г\ повна} = 12412 + 43{,}78 + 54{,}99 + 171{,}89 + 103{,}13 + 76{,}14 + 152{,}99 +$$

$$1282{,}15 = 14597{,}07 \text{ грн}$$

Вартість електродвигуна B_e з вбудованим електромагнітним гальмом NEP AIP80B2 з потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 1500 об/хв становить ціна 2620,6 грн.

Вартість заміни клинопасової передачі на зубчасту пасову B_n складається з вартості паса та шківів і становить 1600 грн.

Вартість заміни ланцюгової передачі приводу захвата на тросово-блочну B_m складається з вартості троса та блоків і становить 733 грн.

Тоді сумарні затрати на удосконалення становлять

$$\sum З = В_{г\ повна} + В_е + В_п + В_т =$$

$$= 14597{,}07 + 2620{,}6 + 1600 + 733 = 19550{,}67 \text{ грн} \quad (5.9)$$

5.2. Визначення ефективності конструктивного удосконалення

Наближений підрахунок економічності удосконалення автомобільного підйомника запропонованої конструкції виконуємо в порівнянні серійним підйомником аналогічної конструкції та вантажопідйомності.

Середня ринкова вартість нового такого електромеханічного підйомника на даний час становить 85400 грн.

Балансова вартість існуючого підйомника становить 43241 грн.

Вартість удосконаленого підйомника становить:

$$В_п^у = 43241{,}5 + 19550{,}67 = 62792{,}17 \text{ грн}$$

З економічного порівняння удосконаленого і нового підйомників визначаємо економічність конструктивної розробки:

$$Е = В_п^н - В_п^у = 75000 - 62792{,}17 = 12207{,}83 \text{ грн}$$

Тобто конструктивне удосконалення підйомника автомобілів запропонованої конструкції є економічно вигідно, оскільки його вартість буде менша за вартість нового серійного автопідйомника аналогічної конструкції та вантажопідйомності.

Крім того, удосконалений підйомник матиме вищий ККД в порівнянні з попереднім, створюватиме менший шум та споживатиме менше електроенергії, що впливатиме на підвищення продуктивності праці та зменшення затрат на його експлуатацію.

Також використання удосконаленого підйомника дозволить скоротити затрати часу на проведення ТО автомобілів, зниження термінів їх перебування в ремонті, зростання робочого часу транспорту та коефіцієнта його технічної готовності.

Таблиця 5.2 - Економічні показники ефективності конструктивного удосконалення

Показники		Значення
1	2	3
1	Вартість матеріалу $В_в$, грн.	12412
	Вартість покупних вузлів і деталей ($В_е + В_п + В_т$)	4953,6
4	Цехові витрати $З_ц$, грн.	2185,07
5	Повна вартість виготовлення вузла $В_п^у$, грн.	62792,17
6	Річна економія, грн.	12207,83

В цілому розрахунок показав економічну доцільність удосконалення автомобільного підйомника запропонованої конструкції, оскільки його вартість на 12207,83 грн нижча від нового.

ВИСНОВКИ И ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз конструкції автомобільного електромеханічного підйомника та визначені його недоліки свідчить про необхідність його технічної модернізації.

2. Суть модернізації полягає в конструктивному удосконаленні гвинтової передачі, заміни привідного електродвигуна, заміни клинопасової передачі на зубчасту пасову, а також заміни ланцюгової передачі на блочно-тросову. Все це дозволить покращення надійності роботи підйомника і зменшення затрат енергії на привід.

3. Модернізація підйомника дозволила добитися істотного підвищення його коефіцієнта корисної дії з 40% до 85%, відповідно зменшивши споживання електроенергії за один підйом в 2,1 рази, що вкрай необхідно при постійно зростаючих тарифах на електроенергію.

4. Перевірочний розрахунок електромагнітного гальма приводу свідчить про безпечність використання модернізованого підйомника.

5. Технологічні розрахунки функціонування поста технічного обслуговування підприємства, яке обслуговує автомобілі вантажопідйомністю до 1,5 т з середнім пробігом 200 кілометрів (автотранспорт служб доставки) показав, що планове перебування одного автомобіля на підйомнику за рік становитиме 3 рази (підчас ТО 2).

6. Модернізація підйомника дозволить скоротити час перебування автомобілів в ремонті чим збільшується річний пробіг автомобіля на 2 тис. км.

7. Розрахунок показників економічної ефективності проекту показав, що вартість удосконаленого підйомника становить 62792,17 грн, що на 12207,83 грн менше від нового.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Анікєєв В.В. Коригування нормативів ресурсу автомобільних двигунів з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації. Дис. канд. техн. наук, 2002. 165 с.

2. Бондарєв В.С., Дубинець О.І., Колісник М.П. та ін. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підіймальних та транспортуючих машин: Підручник. Київ: Вища шк., 2009. 734 с.

3. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР ”Магістр” студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.

4. Дембіцький В.М., Павлюк В.І. Придюк В.М. Технологічний розрахунок автотранспортних підприємств: Електронний навчальний посібник для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів». Луцький НТУ, 2019 р.

5. Захарко О.В. Технічне обслуговування і ремонт АТЗ: навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. 140 с.

6. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Кн. 2. Організація, планування і управління: Підручник. Київ: Вища шк., 1994. 383 с.

7. Карпенко В.Р., Мурований І.С., Павлюк В.І. Проектування підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник: Частина 1. Луцьк: Луцький НТУ, 2014. 300 с.

8. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с

9. Клімов Е.О. Організація технічного сервісу машин: Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 120 с.

10. Кодра Ю. В., Стоцько З.А. Розрахунок і конструювання технологічних машин. Львів : Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2004. 468 с.

11. Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технічного обладнання для автомобільного транспорту. Дніпродзержинськ: ДДТУ. 2007 р. 252 с

12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.

13. Максимов В.Г. Основи розрахунку, проектування та експлу-атації технологічного устаткування. Одеса: ОНПУ, 2002. 140 с.

14. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства. Київ: Вища школа. 1994. 258 с.

15. Методичні вказівки до практичного заняття №2 “Розрахунок гідравлічного приводу автомобільних підйомників” з дисципліни “Основи розрахунку, проектування та експлуатації технологічного обладнання” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня із спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” / Укладачі: к.т.н., доц. Авер’янов В.С., Кам′янське: ДДТУ, 2018. 24 с.

16. Музичук В. І., Анісімов В. Ф. Організація робіт підприємств технічного обслуговування. Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Горбачук І.П., 2012. 240 с

17. Назаренко І.І., Берник І.М. Основи проектування і конструювання машин. Навчальний посібник. Київ: Видавництво «Аграр Медіа Груп». 2013. 544 с

18. Організація та технологія технічного сервісу машин»: навчальний посібник. За ред. О.М. Шокарева. Мелітополь, ТОВ «ФОРВАРДПРЕСС», 2019. 307 с.

19. Основи проектування автосервісного обладнання: Навч. Посібник. Під загальною редакцією В.П. Волкова. Харків, ХНАДУ, 2009. 544 с.

20. Польшаков В.І, Сахно Є.Ю. Економіка організація та управління технічним обслуговуванням і ремонтом машин. Київ: «Центр навчальної літератури», 2004. 328 с.

21. Севостьянов І. В. Експлуатація та обслуговування машин. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 127 с.

22. Севостьянов І. В. Експлуатація та обслуговування машин. Лабораторний практикум. Вінниця: ВНТУ, 2004. 88 с.

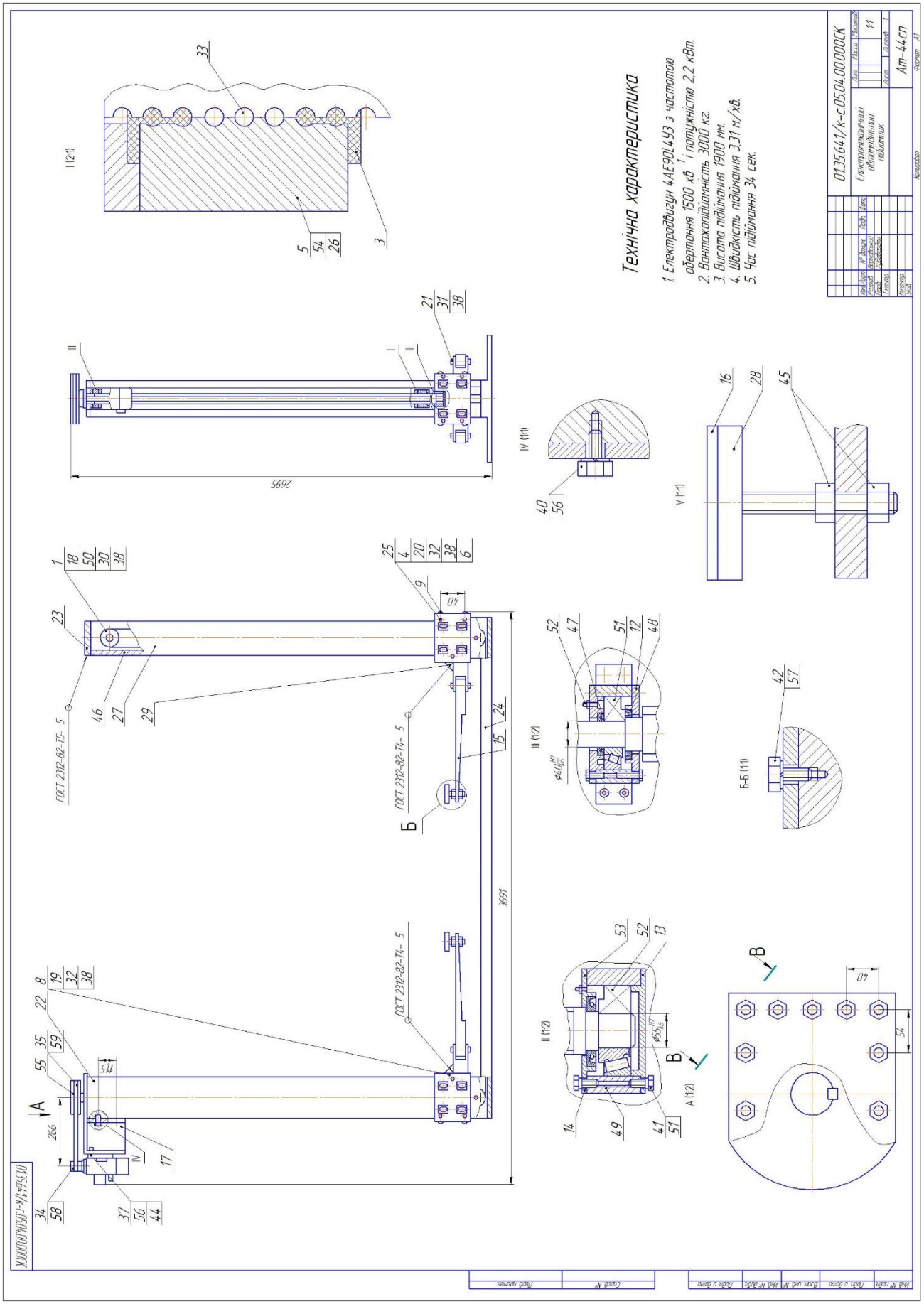
23. Транспортні технології в системах логістики. Підручник. За заг. ред. Дмитриченко М.Ф. Київ: Інформавтодор, 2007. 676 с.

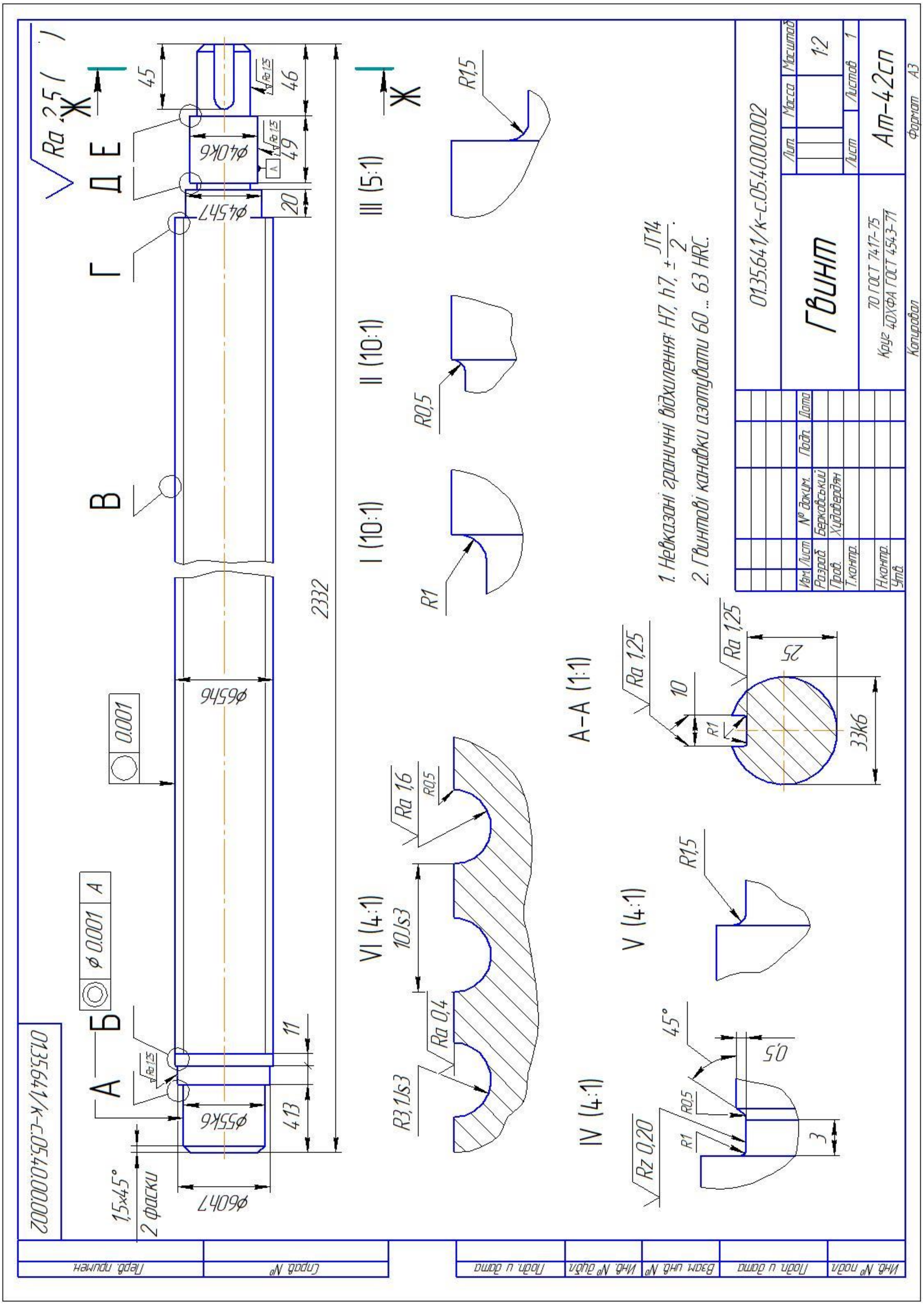
24. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є.Ю. Форнальчика. Львів: Афіша, 2004. 492 с.

25. Автомобільні підйомники. Електронний ресурс: https://toolgrand.com.ua/ua/g4488459-avtomobilnye-podemniki?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwps-zBhAiEiwALwsVYVRIbEBzQGlBr2BrcrfiCLyHWXhmW7Htn7DerIUylEl0pnUYnxc5YhoCpO8QAvD_BwE

26. Все про автомобілі. Електронний ресурс: http://vse-pro-avtomobili7.webnode.com.ua/news/obladnannya-dlya-oglyadovikh-i-pidijmalno-transportnikh-robit/

27. Підйомник автомобільний 2-х стійковий 4т LAUNCH TLT-240SC-380. Електроннийресурс: https://launch.ua/tlt-240sc-380/


Технічна характеристика
1. Електродвигун 4АЕ90L4У3 з частотою обертання 1500 хв⁻¹ і потужністю 2,2 кВт.
2. Вантажопідйомність 3000 кг.
3. Висота підйомання 1900 мм.
4. Швидкість підйомання 3,31 м/хв.
5. Час підйомання 34 сек.
01.35.641/к-с.05.04.00.000СК
Електромеханічний автонавантажний підйомник
Ат-44сп
ГОСТ 2312-82-Т5-5
ГОСТ 2312-82-Т4-5
2695
3691
Б
А
В



01.35.641/к-с.05.40.00.002
Гвинт
Круг 70 ГОСТ 7417-75 / 40ХФА ГОСТ 4543-71
Ат-42сп
1:2
1. Невказані граничні відхилення: H7, h7, ± JT14/2.
2. Гвинтові канавки азотувати 60 ... 63 HRC.
Розроб. Берковський
Пров. Худавердян
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А3
Лит. Масса Масштаб
Лист Листов 1
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
I (10:1)
II (10:1)
III (5:1)
IV (4:1)
V (4:1)
VI (4:1)
А–А (1:1)
Ra 2,5
2332
ф65h6
ф60h7
ф55k6
ф45h7
ф40k6
33k6
1,5x45°
2 фаски
45°
10Js3
R3,1Js3
Ra 1,6
Ra 0,4
Ra 1,25
Rz 0,20
R1
R1,5
R0,5
ф 0.001 A
0.001
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Инв. № подл.