

**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: **«Вдосконалення конструкції автомобільного легкового причепа шляхом встановлення розвантажувального механізму»**

Виконав: студент групи Ат-41

Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва)

Станіслав СКИБА
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

**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.

“ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Скибі Станіславу Богдановичу

1. Тема роботи: **«Вдосконалення конструкції автомобільного легкового причепа шляхом встановлення розвантажувального механізму»**

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

Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року № 641/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 21.06.2024 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики причепів; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою причепів до легкових автомобілів; методики розрахунку та проектування причепів до легкових автомобілів; методики 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 конструкцій причепів для легкових автомобілів - 1-ий аркуш.

2. Загальний вигляд причепа для легкового автомобіля - 2-ий аркуш.

3. Складальні одиниці та деталі причепа для легкового автомобіля – 3-ий аркуш.

4. Складальні одиниці та деталі причепа для легкового автомобіля – 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 фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 29.12.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»	22.01.24-16.02.24	
2.	Виконання другого розділу: «Технологічна частина»	19.02.24-15.03.24	
3.	Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»	18.03.24-03.05.24	
4.	Виконання розділу: «Охорона праці»	06.05.24-31.05.24	
5.	Виконання розділу: «Економічна частина»	03.06.24-14.06.24	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	17.06.24-21.06.24	

Студент _____ Станіслав СКИБА
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

УДК 623.437.5

Кваліфікаційна робота: 57 с. текст. част., 35 рис., 3 табл., 15 джерел літератури.

«Вдосконалення конструкції автомобільного легкового причепа шляхом встановлення розвантажувального механізму».

Станіслав Богданович Скиба – Кваліфікаційна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Кафедра машинобудування – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

Проведено аналіз стандартних конструкції причепів до легкових автомобілів і їх різновиди, а також модернізовані варіанти причепів з підйомом кузова (і без нього) для механізованого вивантаження вантажу.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині удосконалено конструкцію причепа до легкового автомобіля шляхом перероблення рами і встановлення автономної гідросистеми з її приводом.

Проаналізовано та оцінено безпеку праці, розроблено заходи щодо безпечної експлуатації модернізованого саморозвантажувального легкового причепа. Проаналізовано основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності. Визначено дії персоналу невеликих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 25671 грн., термін окупності становить 0,6 року.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
1.1. Транспортні причепа і їх різновиди.....	8
1.2. Види легкових причепів та їх основні характеристики	15
1.3. Вимоги до автомобільних причепів	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	19
2.1. Значення вантажно-розвантажувальних робіт в транспортному процесі....	19
2.2 Загальна класифікація піднімально-транспортних машин	23
3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	25
3.1. Розрахунок на міцність методом кінцевих елементів	25
3.2. Розрахунок реакції опор, побудова епюри поперечних сил та згинальних моментів	30
3.3. Гідрофікація автомобільного причепа	37
3.4.1. Застосування гідродвигуна для підйому кузова причепа	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Конституційні засади охорони праці в Україні.	43
4.2. Дії персоналу невеликих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій	45
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	50
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	55
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	56

ВСТУП

У сучасному світі автомобільний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні економічного та соціального життя суспільства. Одним із важливих елементів автомобільного транспорту є причепа, що використовуються для перевезення різних вантажів, від будівельних матеріалів до побутової техніки. Особливе місце серед них займають легкові причепа, які дозволяють суттєво розширити можливості легкових автомобілів.

Однак, незважаючи на широке поширення та потребу у легкових причепах, їх конструкція не завжди задовольняє сучасним вимогам щодо зручності експлуатації, безпеки та ефективності. Однією із значних проблем є процес завантаження та розвантаження причепа. Традиційні конструкції причепів вимагають значних фізичних зусиль для виконання цих операцій, що знижує їхню функціональність.

У цій кваліфікаційній роботі розглядається вдосконалення конструкції автомобільного легкового причепа шляхом встановлення розвантажувального механізму. Основною метою роботи є розробка та впровадження технічного рішення, яке дозволить механізувати та полегшити процес розвантаження причепа, підвищивши тим самим його експлуатаційні характеристики.

Встановлення розвантажувального механізму в конструкцію причепа передбачає використання різних інженерних підходів та технологій, включаючи механічні, гідравлічні та пневматичні системи. В рамках роботи буде проаналізовано існуючі рішення та проведено порівняння їх ефективності. Особливу увагу буде приділено питанням надійності та довговічності розроблених систем, а також їх адаптації до різних типів вантажів та умов експлуатації.

Результати дослідження та запропоновані технічні рішення можуть знайти широке застосування як у виробництві нових моделей причепів, так і в модернізації існуючих. Це дозволить суттєво підвищити зручність

використання легкових причепів, що, у свою чергу, вплине на розвиток автомобільного транспорту в цілому.

Таким чином, дана робота спрямована на вирішення актуальної проблеми та зробить внесок у вдосконалення конструкцій автомобільних причепів, розширюючи їх функціональні можливості та покращуючи експлуатаційні характеристики.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Транспортні причепа і їх різновиди

Зараз є безліч різновидів причепів і всі вони поділяються за такими ознаками: транспортні, спеціального та загального призначення, комерційні тощо [1, 3].

Спеціальне призначення – це дозволяє враховувати максимальну завантаженість причепа. До них можна віднести: цементовози, панелевози, сортиментовози та інші (рис 1.1).



Рис. 1.1 - Причеп автомобільний, спеціальний для перевезення панелей

До причепів спеціального призначення відносяться легкові причепа, які використовуються для перевезення вантажів, що мають нестандартну конструкцію або потребують особливих умов транспортування, зокрема причепа для тварин (рис 1.2), автомобілів (рис 1.3, 1.4), водної техніки (рис 1.5).



Рис. 1.2 - Причеп автомобільний, спеціальний для перевезення тварин



Рис. 1.3 - Причеп (лафет) двоосний для перевезення автомобілів



Рис. 1.4 - Причеп-платформа двоосний ЛЕВ-Л-300-14



Рис. 1.5 - Причеп (лафет) одноосний для перевезення водної техніки

До комерційних причепів належать легкові двовісні причепи, що використовуються для перевезення великогабаритних вантажів (рис 1.6), що не потребують особливих умов транспортування. Нерідко конструкція цих видів

причепів передбачає самоскидну систему, що суттєво спрощує навантаження та розвантаження причепа.



Рис. 1.6 - Причеп комерційний багатотонажний для перевезення великогабаритних вантажів

Причепи загального призначення використовують для перевезення різних видів вантажу, які не потребують особливих умов транспортування (рис. 1.7 – 1.9). До таких вантажів належать різні будівельні матеріали, меблі, побутова техніка, інструменти, малогабаритна техніка та багато іншого, що міститься в причепі за габаритами та за вагою не перевищує його допустиму вантажопідйомність.



Рис. 1.7 - Причеп двоосний загального призначення з текстолітовою будкою



Рис. 1.8 - Причеп одноосний загального призначення, тентований



Рис. 1.9 - Причеп двоосний загального призначення, тентований

При роботі з такими причепами необхідно заздалегідь враховувати ту вагу, яку і буде перевозити причіп. Цей захід дозволить уникнути дорожньо-транспортної пригоди.

Для перевезення великих і об'ємних вантажів на далекі відстані ми звикли використовувати вантажний транспорт різного тонуажу, а для переміщення вантажів усередині підсобного господарства відмінно підходить і «тачка». Але якщо потрібно транспортувати на середню відстань не дуже габаритний вантаж. У цьому випадку, використовувати тачку незручно і вимагає значних витрат енергії, а спеціально наймати вантажний автомобіль і зовсім не рентабельно. Для таких цілей чудово підійде причіп, тягачом для якого може стати легковий автомобіль, міні-трактор і навіть мотоблок.

Все це представлено і в домашньому підсобному господарстві, але, так би мовити, мініатюрі. Для доставки вантажів здалеку можна найняти і вантажівку. А ось при транспортуванні вантажу на середні відстані тачка виявляється непродуктивною, а вантажівка — нерентабельною. Тому нами запропоновано виготовити причіп, який би не тільки транспортував вантажі з одного місця в друге, а й сам розвантажувався.

Причепи самоскиди для автомобілів мають підйомний механізм, яких є декілька. Існує два варіанти скидання з причепа: ручний самоперекидний (рис. 1.10) і механізований (механічний, електричний, гідравлічний, пневматичний) (рис. 1.11 - 1.16). Перший можна виготовити приварюванням до передньої частини причепа ручки і оператор руками піднімає конструкцію.

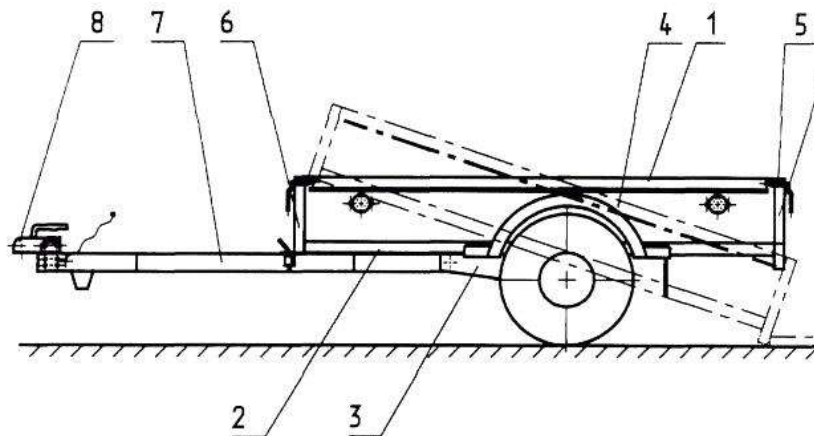


Рис. 1.10 - Схема причепа-самоскида з ручним перекиданням: 1 – кузов; 2 – дно; 3 – підвіска; 4 - колесо; 5 – замок; 6 – передній борт; 7 - дишло; 8 – зчіпний пристрій.



Рис. 1.11 - Причеп-самоскид одноосний з ручним приводом гідравлічного перекидача



Рис. 1.12 - Причеп-самоскид з кришкою одноосний з ручним приводом гідравлічного перекидача



Рис. 1.13 - Причеп-самоскид тентований одноосний з ручним приводом гідравлічного перекидача



Рис. 1.14 - Причеп-самоскид одноосний з пристроєм (лебідкою) для перекидання

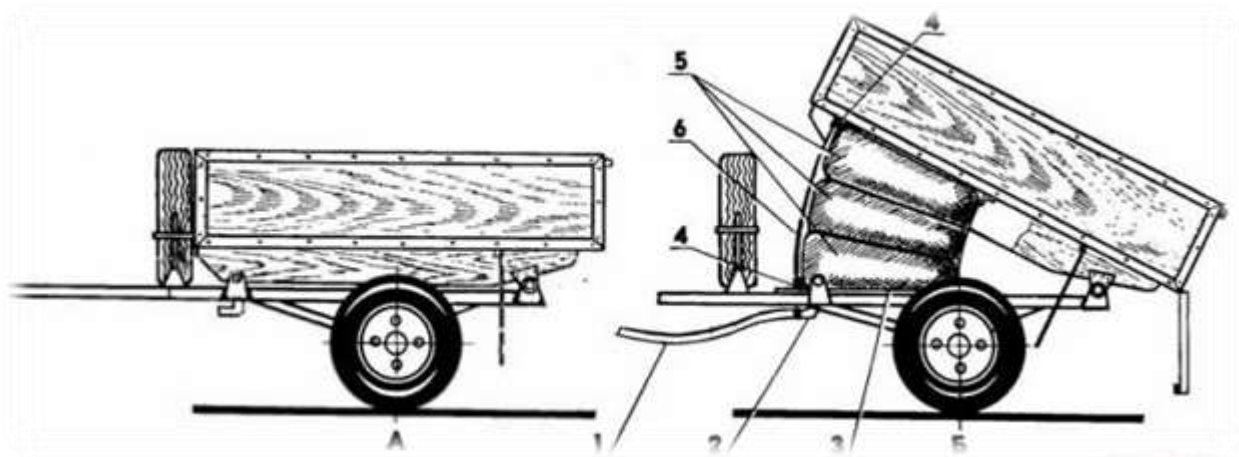


Рис. 1.15 - Прицеп-самоскид одноосний з пневматичним пристроєм для перекидання



Рис. 1.16 - Прицеп-самоскид двоосний для легкового автомобіля з пристроєм для вивантаження в роботі

Різноманітність причепів для легкових і вантажних автомобілів є значною і обумовлена потребами користувачів у транспортуванні різних вантажів. Причепа для автомобілів відрізняються за розмірами, конструкцією, вантажопідйомністю та призначенням

Різноманітність причепів дозволяє ефективно задовольняти різні потреби у транспортуванні, забезпечуючи безпеку, збереження вантажу та оптимальні умови для його перевезення. Вибір відповідного причепа залежить від специфіки вантажу, умов транспортування та вимог користувача.

1.2. Види легкових причепів та їх основні характеристики

Хороший причіп для легкового автомобіля має відповідати сучасним вимогам надійності та безпеки. Залежно від видів вантажу причепа бувають двоколісні, чотириколісні, із заниженою рамою, з розширеною колією, а також із приводом та гальмами.

Більшість причепів для легкових автомобілів є універсальними. Вони розраховані як для перевезення звичайних вантажів, так і для транспортування різної самохідної техніки.

Найчастіше легкові причепа поділяють на два види:

- Звичайний бортовий причіп. Такі автопричепа служать для перевезення різних вантажів: будівельних, сільськогосподарських, меблів, малогабаритної самохідної техніки (квадроциклів, снігоходів) тощо.
- Для водної техніки (човнові причепа). На них можна перевозити плавзасоби, починаючи від гідроцикла або невеликого човна, і закінчуючи яхтою.

Конструктивно всі автомобільні причепа для легкових автомобілів складаються з таких частин:

- Рама може бути зібрана як на болтових з'єднаннях, так і на зварних. Рами причепів зібрані на болтових з'єднаннях є більш практичними, оскільки при пошкодженні будь-якої деталі її можна буде легко замінити.
- Підвіска. Найпоширеніші види підвісок на причепах для легкових автомобілів – це гумово-джгутова (торсіонна) та ресора. Гумо-джгутова підвіска більш проста і дешева, а ресора більш надійна.
- Дишло. На дишлі розташована зчіпна головка та електророзетка. Дишель може бути прямим або V-подібним.
- Кузов. Всі бортові причепа мають кузов, що складається з днища та бортів. На човнових причепах кузова немає.

- Світлотехніка. Спереду на причепах встановлюють габаритні вогні білого кольору, а ззаду блок фари (габарити, стоп-сигнал, покажчики поворотів, протитуманні ліхтарі) і освітлення номерного знака.

Маючи посвідчення водія категорії «В» можна керувати легковим автомобілем з причепом будь-якого розміру: хоч п'ятиметрової довжини, хоч двометрової ширини. Головне, щоб цей причіп мав повну масу (вага причепа разом з вантажем, що перевозився) не більше 750 кг. Тому розмір кузова для придбання легкового причепа потрібно вибирати, виходячи з існуючих потреб.

Легкові причепа бувають одновісні та двовісні. На одній осі можна забрати максимум 750 кг, а двовісний "візьме" до півтори тонни. За документами і одновісний, і двовісний причепа мають повну масу 750 кг, тому їх можна експлуатувати з будь-яким легковим автомобілем та правами категорії «В». Але якщо інспектор поліції зупинить вас із перевантаженням, тоді доведеться відповідати по всій строгості закону [2, 5].

Кожен легковий причіп можна оснастити додатковими опціями, залежно від побажань та можливостей замовника. Найчастіше виробники автопричепів пропонують такі додаткові опції:

- Кронштейн для запасного колеса;
- Підкатне колесо;
- Додаткові надставні борти;
- Подовжувач дишла;
- Тент із дугами;
- Лебідка.

Для вивантаження сипких вантажів у причепі має бути передбачена функція перекидання кузова (самоскид). Її також дуже зручно використовувати при закріпленні на причіп квадроциклів та іншої самохідної техніки.

Більшість покупців разом з автопричепом замовляють одразу і підкатне колесо – це справді полегшує процес зчеплення та розчеплення причепа з автомобілем. А лебідками зазвичай обладнають човнові причепа для зручнішого навантаження човнів та гідроциклів.

Для надання конструкції більшої жорсткості та надійності, в кутах причепів передбачені спеціальні бічні стійки. Якісні стійки виконуються з металу завтовшки не менше 5 мм. Вони з'єднують раму кузова та борти за допомогою клепок або болтових з'єднань. Клепочні з'єднання бюджетніші, але менш надійні [4].

При експлуатації причепа досить часто доводиться відкривати та закривати борти. Для зручності цієї операції хороші причепа легко комплектуються спеціальними бортовими замками. Механізм замка має бути зручним та простим в експлуатації [7].

Електропроводка причепа має бути цільною (без спайок та з'єднань) від розетки до габаритних вогнів та задніх ліхтарів.

При виборі причепа обов'язково звертайте увагу на встановлену світлотехніку. Хороші причепа зазвичай комплектуються багатофункціональними задніми ліхтарями. Для більш надійного захисту від випадкових пошкоджень деякі виробники встановлюють їх у напівзакритій металевій балці, що одночасно виконує роль бампера.

Надійність та якість деталей та вузлів підвіски причепа є важливим фактором вибору причепа. Якісні деталі підвіски повинні виготовлятися з металу завтовшки не менше 7-8 мм, а болти відповідатимуть високому класу міцності [7].

Бажано, щоб амортизатори, ресори та ступичні підшипники на легковому причепі були відомих брендів. Перевірити це самостійно до покупки дуже складно, тому перевагу варто віддавати причепам виробників, що добре зарекомендували себе.

1.3. Вимоги до автомобільних причепів

До роботи над вдосконаленням автомобільного причепа, як і до будь-якого транспортного засобу, висуваються певні вимоги. В даному випадку всі вимоги розписані в ГОСТ 37.001.220-80, який називається «Причепа до легкових автомобілів».

Відповідно цьому ГОСТу, автомобільний причіп повинен відповідати таким вимогам [2, 5]:

1. Маса причепа легкового автомобіля має перевищувати 1.8 тонни. При цьому вона також не повинна перевищувати половини маси автомобіля, що буксирує.
2. Показник статичного навантаження на центральну частину шарового шарніра зчіпного пристрою повинен становити від 25 кгс до 100 кгс.
3. Загальна довжина причепа не може перевищувати вісім метрів, ширина не може бути більшою за двісті тридцять сантиметрів, а обмеження по висоті становить три метри.
4. Дорожній просвіт причепа не повинен бути меншим за буксируючий його автомобіль.
5. Для причепа легкового автомобіля передбачено використання однієї осі. Можливий варіант двох паралельних осей, розташованих на відстані не більше одного метра один від одного.
6. Тягово-зчіпний пристрій з метою страхівки оснащується двома незнімними відрізками троса або ланцюга, які страхують конструкцію, якщо внаслідок поломки шарніра станеться роз'єднання зчіпки.
7. В обов'язковій комплектації причепа, що експлуатується, повинні бути присутніми для противідкатних «черевика». Зазначається, що вони необов'язково мають бути заводського виробництва.
8. Конструкція повинна передбачати наявність крил і бризковиків, якщо деталі кузова не виконують цю функцію.
9. Тягово-зчіпний пристрій обов'язково повинен мати заводське походження та відповідний сертифікат.
10. Обов'язково мають бути передбачені кріплення для фіксації номерного знака.
11. Для підключення до бортової мережі автомобіля повинен передбачатися кабель з вилкою, схема електроустаткування при цьому регламентує ГОСТ 9209-76.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Значення вантажно-розвантажувальних робіт в транспортному процесі

Навантажувально-розвантажувальні роботи (НРР) при транспортуванні вантажів і забезпеченні транспортного процесу є невід'ємним елементом. Ці роботи є найбільш трудомісткими, важкими і дорогими для більшості видів транспорту, в тому числі і легкового. Таким чином, витрати на впровадження НРР становлять значну частину загальної вартості перевезення вантажів (приблизно 25-30%, а для перевезень вантажів на короткі відстані – навіть більше 50%) [6].

Кількість вантажних операцій може збільшуватися, якщо в процесі перевезення бере участь декілька видів транспорту або коли товар необхідно зберігати (на складах, в очікуванні транспортних засобів тощо). З точки зору зменшення кількості вантажних операцій найбільший ефект має перевезення вантажів за схемою «від дверей до дверей». Крім того, кількість операцій можна зменшити, перевантажуючи вантаж безпосередньо з одного виду транспорту на інший. Кількість вантажно-розвантажувальних операцій також сильно залежить від розміру вантажного відсіку та упаковки вантажу [8].

Контейнерність, пакування, пресування та розміщення вантажів на стандартних піддонах дозволяє консолідувати окремі вантажні місця, що призводить до значної економії коштів завдяки використанню вантажно-розвантажувальних механізмів різної конструкції та призначення. Наприклад, якщо на автопоїзді вантажопідйомністю 30 тонн розміщені вантажі (вантажні сидіння, кожне вагою 20 кг), то для їх зняття з автопоїзда необхідно виконати 1500 операцій за умови, що ці вантажі (вантажні крісла) сидять.) формуються та упаковуються в пакети масою 1 т, що дозволяє скоротити кількість операцій у 50 разів. Крім того, якщо один і той же вантаж перевозиться в 30-тонному контейнері, то в пункті навантаження і розвантаження потрібна лише одна операція. Слабо розвинені сучасні види транспортування вантажів, які

потребують величезних трудових і матеріальних ресурсів, низький рівень комплексної механізації складських і вантажно-розвантажувальних робіт..

Продукція промислових підприємств в свою чергу, яка потрапляє на склад, стає тим вантажем, який має бути доставлений одержувачу чи стати сировиною або комплектуючим виробом, товаром.

Для забезпечення високої ефективності навантажувально-розвантажувальних механізмів при складних перевезеннях вантажі можуть проходити додаткові операції підготовки, такі як формування, пакування, направлений відбір партій або певні технічні обробки (охолодження, антифриз, сушіння).

Наступний етап - навантаження (транспортування товару по складу, навантаження, укладання, закріплення та закріплення). Окремі види вантажів після навантаження слід підготувати до транспортування, тобто інтенсифікувати переміщення, пошкодження та псування тарновантажів під час транспортування.

Фактичний процес доставки починається, коли товари та транспортні засоби готові до переміщення. У багатьох випадках товари не відразу доставляються безпосередньо до споживача, тому під час транспортування відбуваються перевантаження, сортування, відбір партій товарів тощо, як показано на рис. 2.1.

Після того, як рухомий склад, що перевозить вантаж, досягає вантажоодержувача, часто необхідно підготуватися до розвантаження. Наприклад, якщо сипучі вантажі загублені або заморожені під час транспортування, то спочатку потрібно відновити їх рухливість або, наприклад, важкі вантажі. бути розкріпленим, а потім масовими товарами. Товарам потрібно відновити свою ліквідність тощо. Процес розвантаження, як і навантаження, може відбуватися під дією власної ваги вантажу (саморозвантаження) або під дією зовнішніх сил. Далі товар надходить на склад. Компанії, які отримують допомогу, часто потребують підготовки своїх процесів для полегшення використання.

Ця номенклатура робіт ведеться на складах вже перед видачею.



Рис. 2.1 – Схема виконання операцій з вантажем

Спочатку всі передвідвантажувальні операції виконуються підрозділами компанії-відправника. Як правило, перевезення в дорозі, сортування і перепакування здійснюються транспортною організацією, а підготовка і наступні етапи розвантаження - підрозділом вантажоодержувача (транспортним або залізничним відділом, цехом промислового підприємства тощо). Зауважимо, що кожне промислове підприємство, пов'язане з даним ТЗ, має спеціалізуватися на своїх вантажно-розвантажувальних роботах за будь-якою схемою організації праці. Ця спеціалізація часто дає змогу оптимально виконувати весь процес і дозволяє успішно виконувати частини транспортного процесу.

У вантажно-розвантажувальному процесі активно задіяні товари, транспортні засоби, вантажно-розвантажувальні механізми, а також власне складські приміщення. Індивідуальні властивості кожного з цих елементів при взаємодії з іншими елементами впливатимуть один на одного та на ефективність усього процесу, наприклад: насипні вантажі можуть зберігатися у відкритих і критих складах, тоді як насипні вантажі вимагають спеціалізованого рухомого складу, наприклад, вантажівки не можна використовувати для розвантаження важких предметів і конструкцій.

У свою чергу, на практиці вимоги до властивостей інтерактивних елементів не зовсім зрозумілі, як показує приклад вище [10].

Наведені вище показники можуть суперечити один одному при аналізі заходів щодо покращення роботи перевезень. Наприклад, із збільшенням навантаження на транспортний засіб завантаження та розвантаження може зайняти більше часу. З метою найбільш ефективного використання транспортного засобу максимальне завантаження маси вантажу повинно досягатися шляхом раціонального використання об'єму та форми кузова автомобіля.

Під час перевезення наливних вантажів може статися так, що коли потрібно використовувати весь об'єм кузова транспортного засобу, його вантажопідйомність не завжди може бути використана повністю.

Тому пропонуються заходи щодо ущільнення вантажу, щоб можна було транспортувати більше вантажу в межах того самого об'єму кузова.

В інших випадках, під час перевезення насипних вантажів, через великі проміжки між пакетами або вантажними одиницями, втрати об'єму через використання піддонів, а також у випадках, коли вводиться лише один шар завантаження, через особливості завантаження також серйозно недостатня. Щільність контейнерних вантажів також істотно впливає на тип використовуваного рухомого складу. Поєднання або групування легких вантажів із важкими вантажами також дозволяє покращити використання вантажів транспортних засобів. Важливу роль у підвищенні ефективності використання знань відіграє також тривалість транспортного циклу, тобто його скорочення.

Розглянемо більш детально вплив елементів, з яких складається процес завантаження та розвантаження, на різні складові самого виробничого часу. Час завантаження залежить від типу і характеристик транспортного засобу, типу складу і механізації вантажно-розвантажувальних робіт. На ефективність завантаження також суттєво впливає ступінь первинної підготовки та упаковки товару. Якщо вихідна точка об'єднана за рахунок упаковки та розміщення товару на піддоні, час простою під час завантаження/розвантаження може бути значно скорочений.

Таким чином, правильна та якісна підготовка процесу навантаження, розвантаження та транспортування вантажів матиме можливість покращити експлуатаційні характеристики автомобіля. Це надзвичайно важливо, особливо при змішаних перевезеннях, коли вантажі перевозяться різними видами транспорту, дуже важлива економія часу.

2.2 Загальна класифікація піднімально-транспортних машин

Технічні процеси пов'язані з рухом великої кількості товарів, від сировини до готової продукції, і в цілому це справедливо для будь-якої сфери матеріального виробництва. При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт важливу роль відіграють механізовані системи [8, 11].

В даний час для механізації НРР розроблено велику кількість машин і спеціальних пристроїв, тому необхідно провести попередню і загальну класифікацію запропонованих галуззю методів механізації з урахуванням конкретних умов експлуатації.

У зв'язку з великою різноманітністю засобів механізації НРР важко вибрати машини і механізми НРР, які найкраще підходять до конкретних умов виробничого процесу, тому загальна класифікація засобів НРР є необхідною, але недостатньою умовою.

Відносити механізовані засоби до тієї чи іншої групи необхідно за кількома основними ознаками, які уточнюють загальну класифікацію. Ці ознаки включають:

- клас або види вантажів, що перевозяться автомобільним транспортом;
- ступінь активності механізму при завантаженні (розвантаженні) вантажу;
- принцип роботи основного робочого механізму завантажувально-розвантажувального механізму.

На рис. 2.2 наведено класифікацію вантажно-розвантажувального обладнання та класифікацію допоміжних і найпростіших пристроїв і пристроїв за видом вантажу.

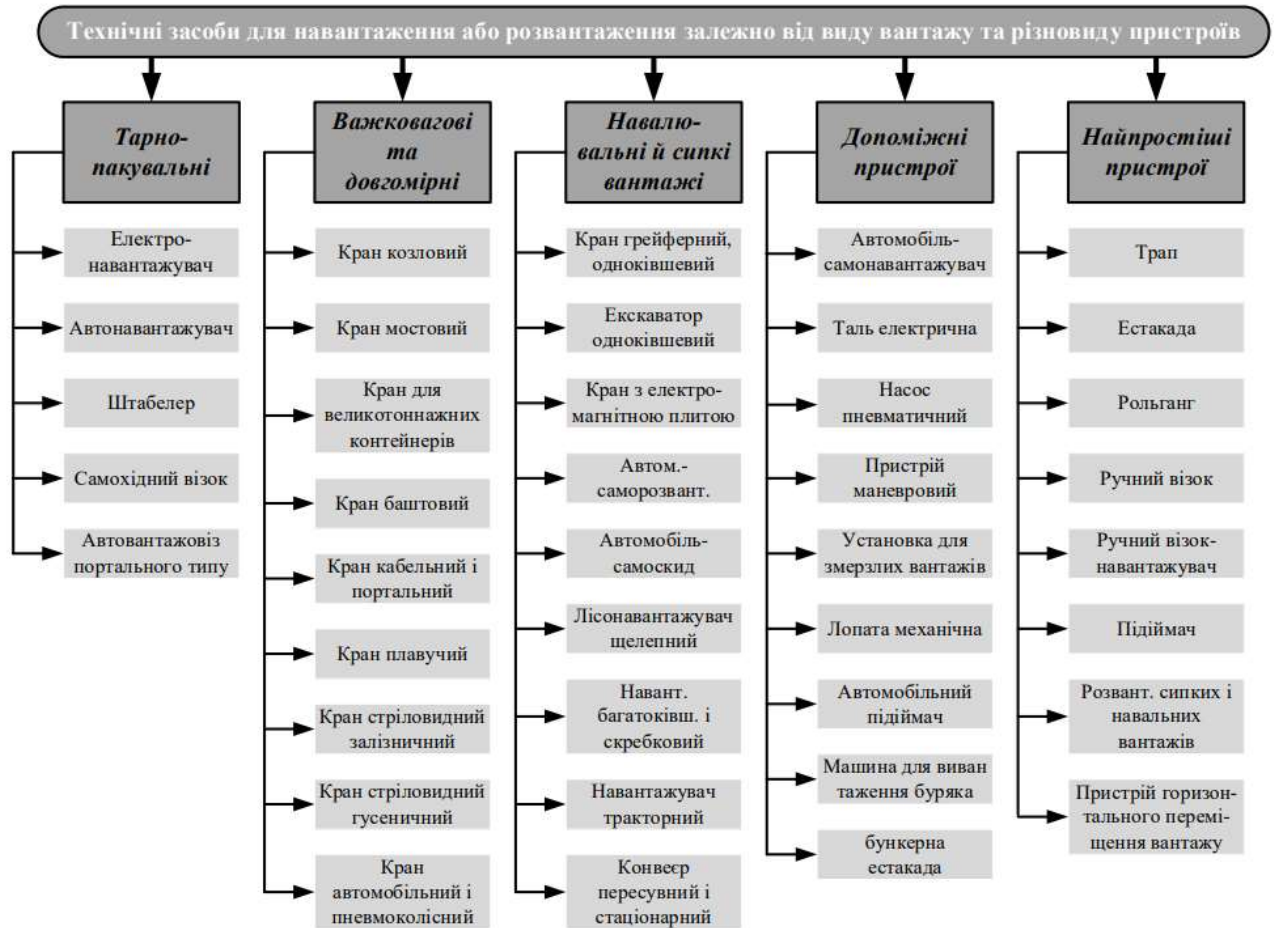


Рис. 2.2 – Схема класифікації навантажувально-розвантажувальних засобів

3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок на міцність методом кінцевих елементів

Нами проведено розрахунок на міцність кінцевих елементів моделей причепа загального призначення при завантаженні причепа сипучим вантажем із застосуванням комп'ютерних програмних засобів проектування *SolidWorks/Simulation*. Розрахунок проводиться для найбільш несприятливих з погляду міцності режимів із завантаженням, зображеним на рис. 3.1.



Рис. 3.1 - Схема завантаження причепа сипучим вантажем

При виготовленні причепа загального призначення основні елементи конструкції виконані із оцинкованої сталі. Механічні характеристики цього матеріалу наведені у [9].

Загальний вид розрахункової геометричної моделі причепа загального призначення показано на рис. 3.2.



Рис. 3.2 - Геометрична модель причепа

Розрахунок виконано з використанням спеціалізованого програмного обчислювального комплексу *SolidWorks/Simulation*, що реалізує метод кінцевих елементів (МКЕ).

Підготовка даних про топологію кінцево-елементної розрахункової схеми, обчислення напруг в елементах, розподіл навантажень у конструкції, а також малювання розрахункових схем проводилися із застосуванням спеціального прикладного програмного комплексу.

Для опису підкріплювальних та несучих елементів конструкції причепа були використані просторові пластинчасті восьмивузлові та об'ємні десятивузлові кінцеві елементи.

Як глобальна система координат при складанні розрахункової схеми була обрана права Декартова система з центром на поздовжній осі причепа в площині середнього перерізу рами. Вісь X системи координат спрямована вздовж поздовжньої осі причепа, вісь Z вертикально вниз.

Загальний вигляд розрахункової моделі із сіткою кінцевих елементів наведено на рис. 3.3.

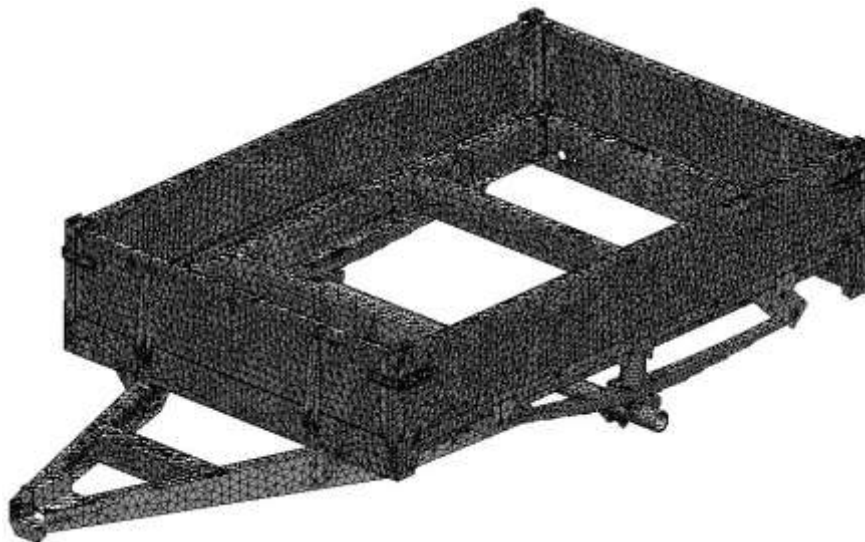


Рис. 3.3 - Загальний вид розрахункової моделі із сіткою кінцевих елементів

При розрахунку були прийняті такі припущення:

- матеріал конструкції працює у пружній стадії деформування;

- матеріал конструкції має постійні жорсткі характеристики - модулем пружності, рівним $2,0 \times 10^{11}$ МПа, і коефіцієнтом Пуассона, рівним 0,29.

Схеми навантаження моделі для цього варіанта навантаження відображені на рис. 3.4.

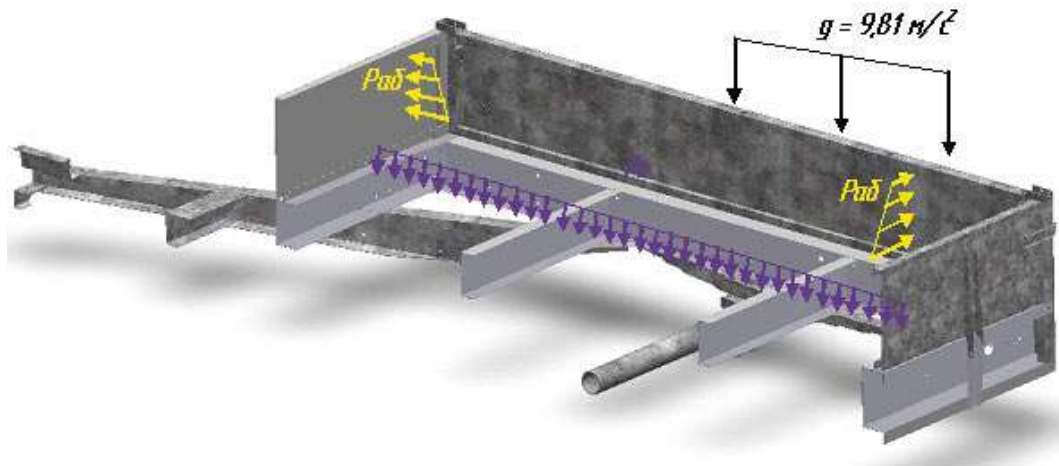


Рис. 3.4 - Схема навантажень для варіанта навантаження

Результати розрахунку представлені у вигляді еквівалентних напружень по Мізесу.

Схеми навантаження моделі для цього варіанта навантаження відображені на рис. 3.5.

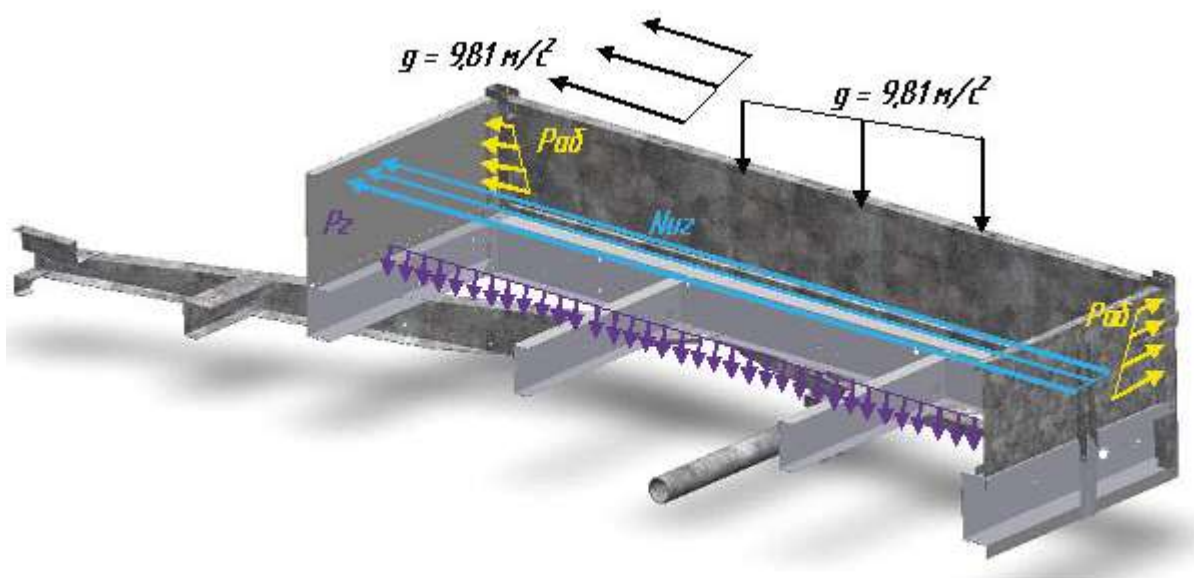


Рис. 3.5 - Схема навантажень варіанта навантаження. Екстрене гальмування (сипкий вантаж)

В результаті розрахунку отримано розподіл напруги по всій конструкції причепа (рис. 3.6).

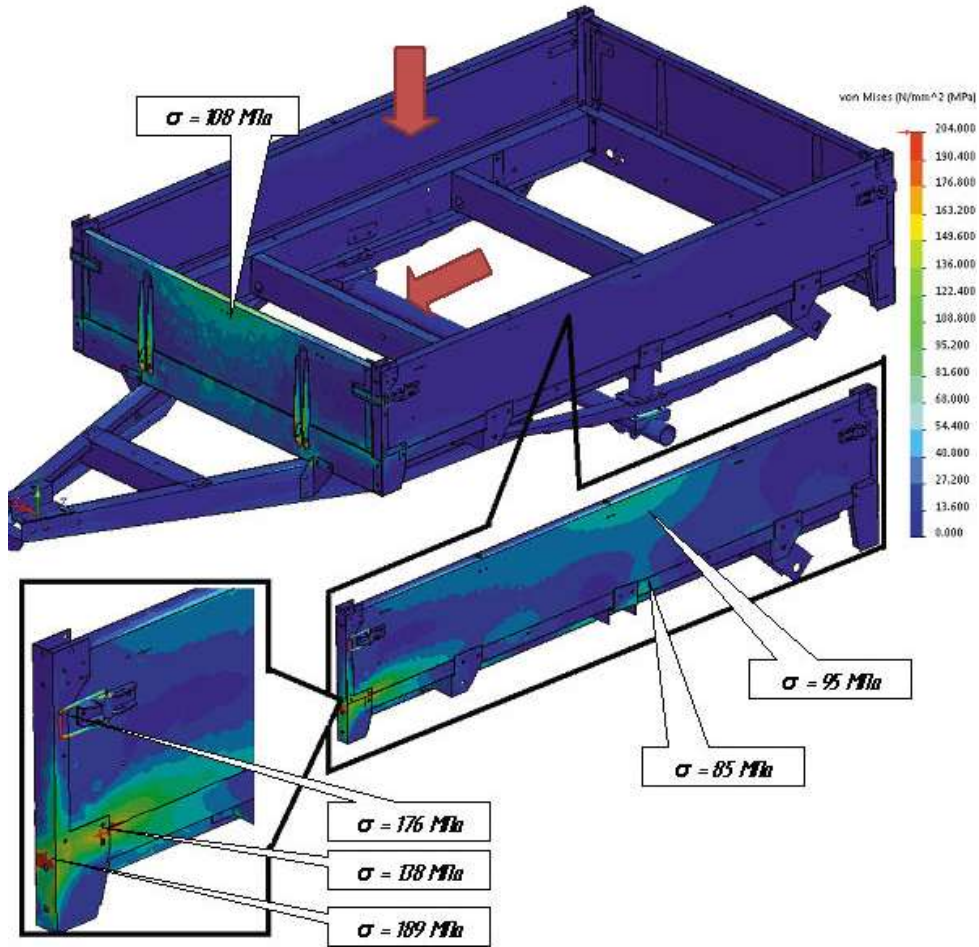


Рис. 3.6 - Розподіл напруг за конструкцією причепа (бічні борти причепа)

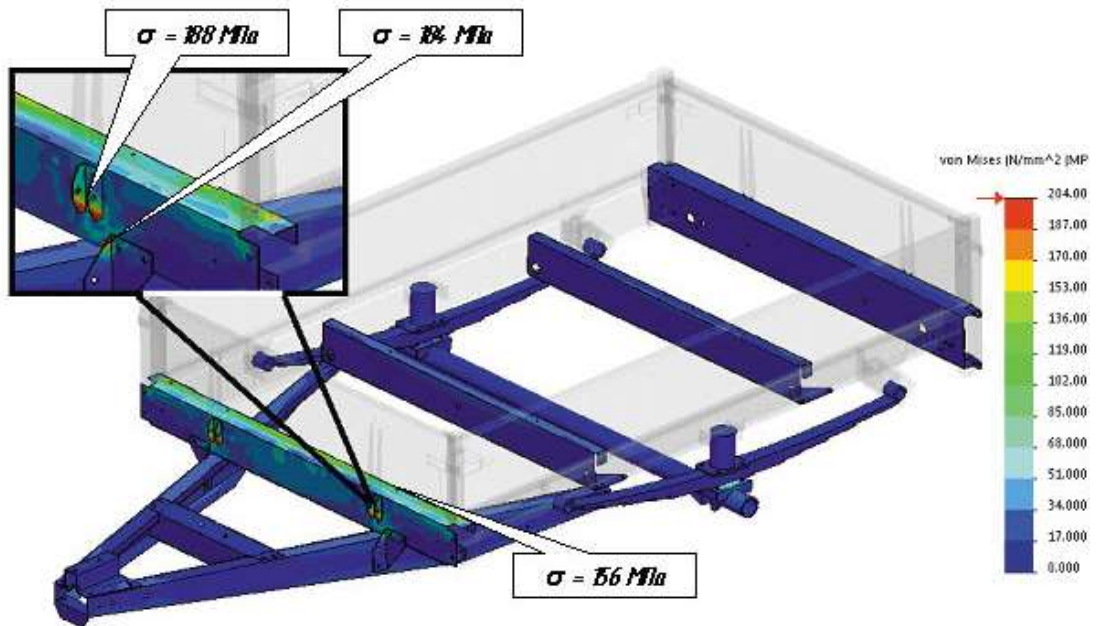


Рис. 3.7 - Розподіл напруг за конструкцією причепа (несуча частина причепа)

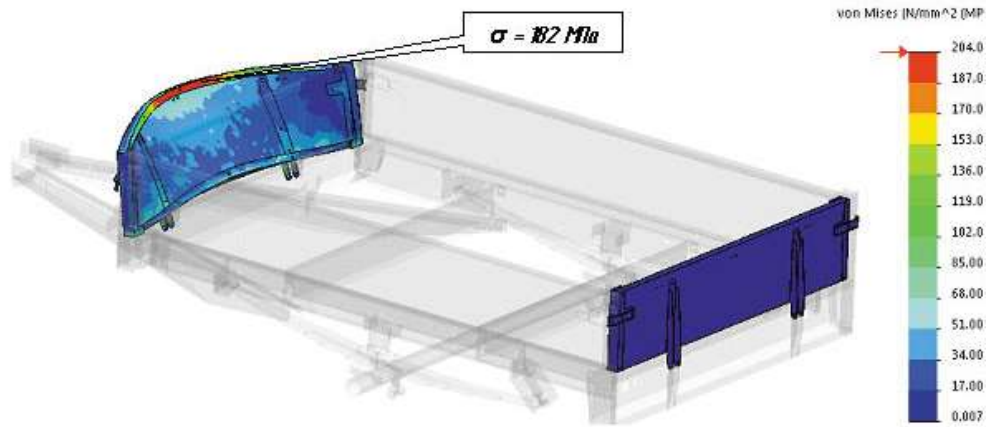


Рис. 3.8 - Розподіл напруг за конструкцією причепа (торцеві борти причепа)

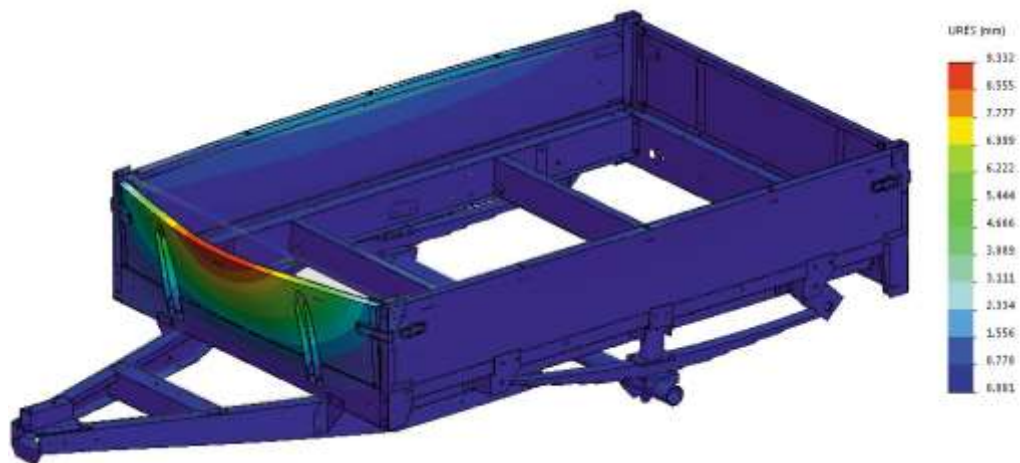


Рис. 3.9 - Розподіл статичних переміщень за конструкцією причепа

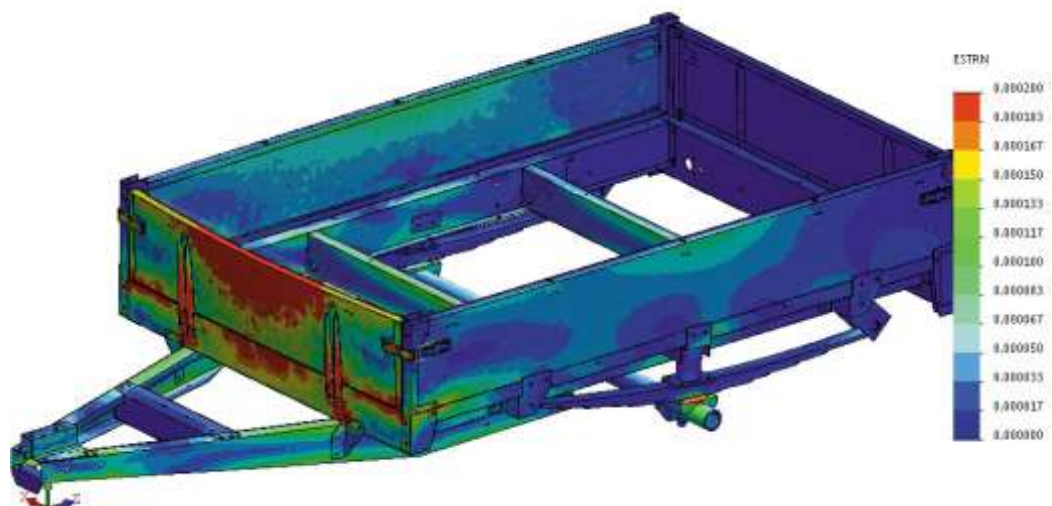


Рис. 3.10 - Розподіл відносної деформації за конструкцією причепа

Результати розрахунку представлені у вигляді еквівалентних напруг Мізесу.

Епюра напруги зображена зі збільшенням переміщень для полегшення сприйняття результатів.

Таким чином, виконаний розрахунок міцності конструкції причепа показав, що при заявлених схемах завантаження максимальні сумарні напруги не перевищують допустимі значення.

3.2. Розрахунок реакції опор, побудова епюри поперечних сил та згинальних моментів

Тип балки: *Двоопорна балка консоль справа*

Розміри: $L = 2.2 \text{ м}$; $L_2 = 1.7 \text{ м}$;

Навантаження: $q_1 = 5 \text{ кН/м}$, $z \in (0; 2.2)$; $F_1 = 7.5 \text{ кН}$, $z = 1.1 \text{ м}$;

$M_1 = 5 \text{ кНм}$, $z = 2.1 \text{ м}$;

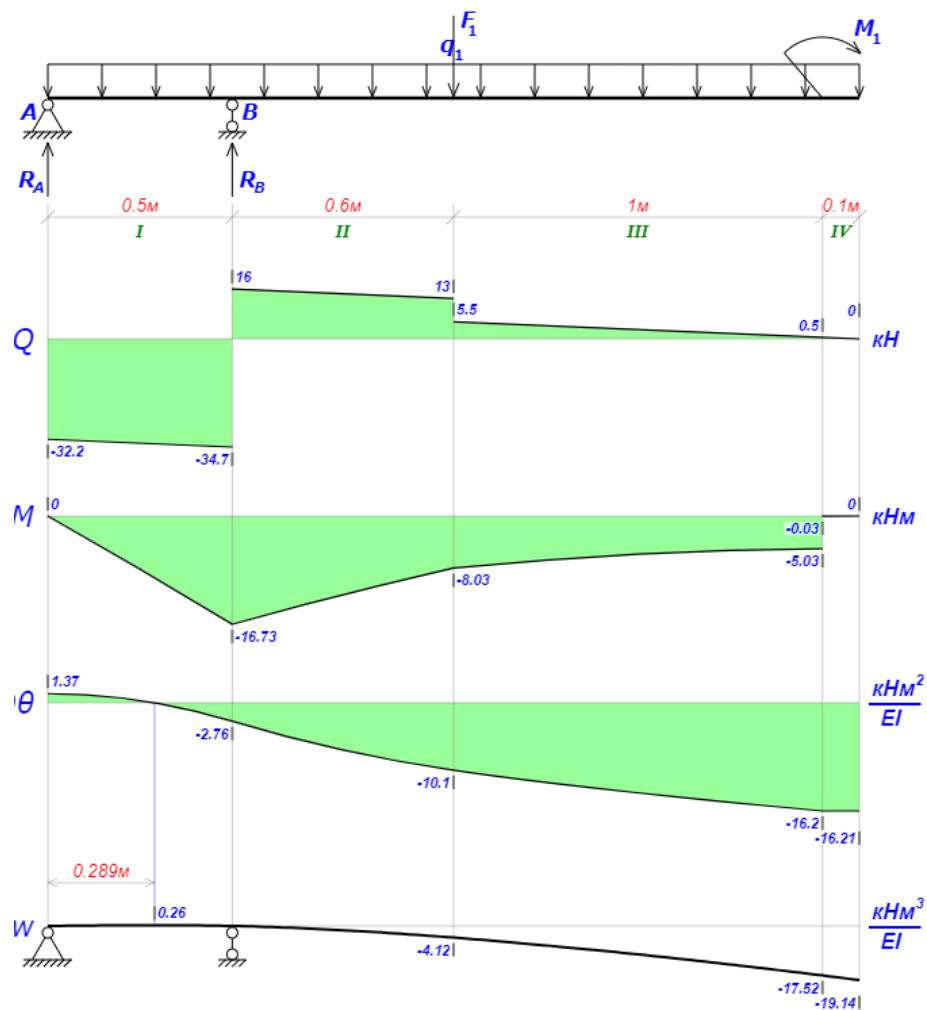


Рис. 3.11 – Побудова епюр балки поздовжньої балки причепа для легкового автомобіля

Реакції опор

Сума моментів всіх сил відносно точки **B** повинна дорівнювати нулю:

$$\begin{aligned}\sum M^B &= -R_A(L - L_2) + \sum q_i(b_i - a_i)(2L - 2L_2 - a_i - b_i)/2 + \sum F_i(L - L_2 - c_i) - \sum M_i = \\ &= -R_A(L - L_2) + q_1(b_1 - a_1)(2L - 2L_2 - a_1 - b_1)/2 + F_1(L - L_2 - c_1) - M_1 = -R_A \cdot (2.2 - 1.7) + \\ &\quad 5 \cdot (2.2 - 0) \cdot (2 \cdot 2.2 - 2 \cdot 1.7 - 0 - 2.2)/2 + 7.5 \cdot (2.2 - 1.7 - 1.1) - 5 = \\ &= -R_A \cdot 0.5 - 5 \cdot 2.2 \cdot 0.6 - 7.5 \cdot 0.6 - 5 = -R_A \cdot 0.5 - 16.1 = 0 \Rightarrow R_A = -16.1/0.5 = -32.2 \text{ кН};\end{aligned}$$

Сума моментів всіх сил відносно точки **A** повинна дорівнювати нулю:

$$\begin{aligned}\sum M^A &= R_B(L - L_2) - \sum q_i(b_i - a_i)(a_i + b_i)/2 - \sum F_i c_i - \sum M_i = R_B(L - L_2) - q_1(b_1 - \\ &a_1)(a_1 + b_1)/2 - F_1 c_1 - M_1 = R_B \cdot (2.2 - 1.7) - 5 \cdot (2.2 - 0) \cdot (0 + 2.2)/2 - 7.5 \cdot 1.1 - 5 = \\ &R_B \cdot 0.5 - 5 \cdot 2.2 \cdot 1.1 - 7.5 \cdot 1.1 - 5 = R_B \cdot 0.5 - 25.35 = 0 \Rightarrow R_B = 25.35/0.5 = 50.7 \text{ кН};\end{aligned}$$

Для перевірки вирахуємо суму проекцій всіх сил на вертикальну вісь:

$$\begin{aligned}\sum Y &= R_A + R_B - \sum q_i(b_i - a_i) - \sum F_i = R_A + R_B - q_1(b_1 - a_1) - F_1 = \\ &= -32.2 + 50.7 - 5 \cdot (2.2 - 0) - 7.5 = -32.2 + 50.7 - 11 - 7.5 = 0;\end{aligned}$$

Методика побудови епюр

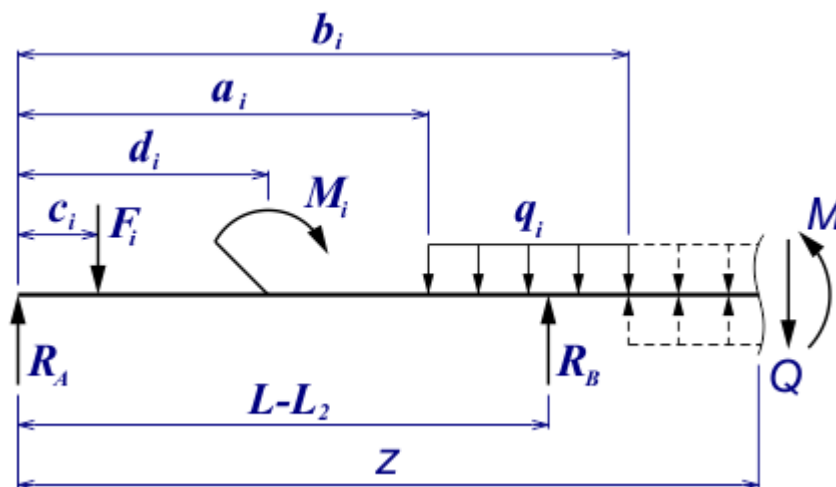


Рис. 3.12 - Методика побудови епюр

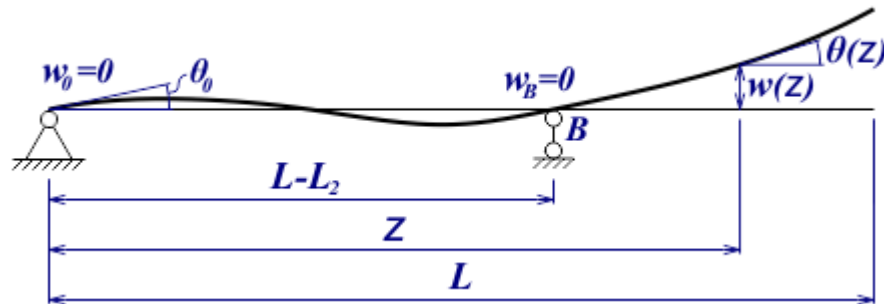
Поперечна сила Q в січenni с координатою z дорівнює сумі проекцій всіх сил, розміщених ліворуч від січення, на вертикальну вісь:

$$Q(z) = R_A + R_B H(z - L + L_2) - \sum q_i(z - a_i) H(z - a_i) + \sum q_i(z - b_i) H(z - b_i) - \sum F_i H(z - c_i);$$

Згинальний момент $M(z)$ дорівнює сумі моментів всіх сил, розміщених ліворуч під січенням:

$$M(z) = R_A z + R_B(z - L + L_2)H(z - L + L_2) - \sum q_i(z - a_i)^2 H(z - a_i)/2 + \\ + \sum q_i(z - b_i)^2 H(z - b_i)/2 - \sum F_i(z - c_i)H(z - c_i) + \sum M_i H(z - d_i);$$

Тут $H(x)$ - функція Хевісайда (дорівнює 0 при $x < 0$ і 1 при $x > 0$), с допомогою якої враховуються тільки ті навантаження, які розташовані ліворуч від січення.



Розрахунок кута повороту січення $\theta(z)$ і прогину $w(z)$ отримуємо послідовним інтегруванням виразу $M(z)$:

$$EI\theta(z) = EI\theta_0 + R_A z^2/2 + R_B(z - L + L_2)^2 H(z - L + L_2)/2 - \sum q_i(z - a_i)^3 H(z - a_i)/6 + \\ + \sum q_i(z - b_i)^3 H(z - b_i)/6 - \sum F_i(z - c_i)^2 H(z - c_i)/2 + \sum M_i(z - d_i)H(z - d_i); \\ EIw(z) = EI\theta_0 z + R_A z^3/6 + R_B(z - L + L_2)^3 H(z - L + L_2)/6 - \\ - \sum q_i(z - a_i)^4 H(z - a_i)/24 + \sum q_i(z - b_i)^4 H(z - b_i)/24 - \sum F_i(z - c_i)^3 H(z - c_i)/6 + \sum M_i(z - \\ d_i)^2 H(z - d_i)/2;$$

де E - модуль пружності матеріалу балки, I - момент інерції січення.

Тут враховано, що прогин над лівою опорою дорівнює нулю: $w_0 = 0$.

Початкові параметри

Прогин над лівою опорою дорівнює нулю: $w_0 = 0$.

Кут повороту потаткового перетину θ_0 визначимо з умови нульового прогину над опорою **B**:

$$EIw_B = EIw(L - L_2) = EI\theta_0(L - L_2) + R_A(L - L_2)^3/6 - q_1(L - L_2 - a_1)^4/24 = \\ = EI\theta_0 \cdot (2.2 - 1.7) - 32.2 \cdot (2.2 - 1.7)^3/6 - 5 \cdot (2.2 - 1.7 - 0)^4/24 = \\ = EI\theta_0 \cdot 0.5 - 0.68385 = 0 \Rightarrow EI\theta_0 = 0.68385/0.5 = 1.36771 \text{ кНм}^2;$$

Побудова епюр

Складемо аналітичні вирази $Q(z)$, $M(z)$, $EI\theta(z)$ і $EIw(z)$ для кожної ділянки і вирахуємо їх значення у характерних точках.

Ділянка I ($0 \leq z \leq 0.5$):

Поперечна сила Q :

$$Q_I(z) = R_A - q_1(z - a_1) = -32.2 - 5(z - 0) = -5z - 32.2;$$

Значення Q на краях відрізка:

$$Q_I(0) = -5 \cdot 0 - 32.2 = -32.2 \text{ кН}; \quad Q_I(0.5) = -5 \cdot 0.5 - 32.2 = -34.7 \text{ кН};$$

Згинальний момент M :

$$M_I(z) = R_A z - q_1(z - a_1)^2/2 = -32.2z - 5(z - 0)^2/2 = -32.2z - 5z^2/2 = -2.5z^2 - 32.2z;$$

Значення M на краях відрізка:

$$M_I(0) = -2.5 \cdot 0^2 - 32.2 \cdot 0 = 0;$$

$$M_I(0.5) = -2.5 \cdot 0.5^2 - 32.2 \cdot 0.5 = -16.725 \text{ кНм};$$

Кут повороту січення θ :

$$\begin{aligned} EI\theta_I(z) &= EI\theta_0 + R_A z^2/2 - q_1(z - a_1)^3/6 = 1.36771 - 32.2z^2/2 - 5(z - 0)^3/6 = \\ &= -0.83333z^3 - 16.1z^2 + 1.36771; \end{aligned}$$

Значення $EI\theta$ на краях відрізка:

$$EI\theta_I(0) = -0.83333 \cdot 0^3 - 16.1 \cdot 0^2 + 1.36771 = 1.36771 \text{ кНм}^2;$$

$$EI\theta_I(0.5) = -0.83333 \cdot 0.5^3 - 16.1 \cdot 0.5^2 + 1.36771 = -2.76146 \text{ кНм}^2;$$

На цій ділянці еюра θ пересікає горизонтальну вісь. Знайдемо точку пересічення:

$$EI\theta_I(z) = -0.83333z^3 - 16.1z^2 + 1.36771 = 0;$$

Корені кубічного рівняння знайдемо за тригонометричною формулою Вієта.

Приведемо рівняння до вигляду $z^3 + az^2 + bz + c = 0$, для чого розділимо його на -0.83333 :

$$z^3 + 19.32z^2 - 1.64125 = 0; \quad a = 19.32; b = 0; c = -1.64125;$$

Вирахуємо Q , R і S :

$$Q = (a^2 - 3b)/9 = 41.4736;$$

$$R = (2a^3 - 9ab + 27c)/54 = 266.269;$$

$$S = Q^3 - R^2 = 437.688;$$

$S > 0 \Rightarrow$ рівняння має три корені:

$$\varphi = \arccos(R/Q^{1.5})/3 = 0.026137 \text{ рад};$$

$$z = -2Q^{1/2} \cos(\varphi) - a/3 = -19.3156;$$

$$z = -2Q^{1/2} \cos(\varphi + 2\pi/3) - a/3 = 0.28931;$$

$$z = -2Q^{1/2} \cos(\varphi - 2\pi/3) - a/3 = -0.2937;$$

Корені -19.3156 і -0.2937 не лежат в середині ділянки, яку ми розглянули $z_1 = 0.28931$ м;

Прогин w :

$$EIw_1(z) = EI\theta_0 z + R_A z^3/6 - q_1(z - a_1)^4/24 = 1.36771z - 32.2z^3/6 - 5(z - 0)^4/24 = 1.36771z - 5.36667z^3 - 5z^4/24 = -0.20833z^4 - 5.36667z^3 + 1.36771z;$$

Значення EIw на краях відрізка:

$$EIw_1(0) = -0.20833 \cdot 0^4 - 5.36667 \cdot 0^3 + 1.36771 \cdot 0 = 0;$$

$$EIw_1(0.5) = -0.20833 \cdot 0.5^4 - 5.36667 \cdot 0.5^3 + 1.36771 \cdot 0.5 = 0;$$

Локальний екстремум в точці $z_1 = 0.28931$ м:

$$EIw_1(0.28931) = -0.20833 \cdot 0.28931^4 - 5.36667 \cdot 0.28931^3 + 1.36771 \cdot 0.28931 = 0.26428 \text{ кНм}^3;$$

Ділянка II ($0.5 \leq z \leq 1.1$):

Поперечна сила Q :

$$Q_{II}(z) = R_A + R_B - q_1(z - a_1) = -32.2 + 50.7 - 5(z - 0) = -5z + 18.5;$$

Значення Q на краях відрізка:

$$Q_{II}(0.5) = -5 \cdot 0.5 + 18.5 = 16 \text{ кН};$$

$$Q_{II}(1.1) = -5 \cdot 1.1 + 18.5 = 13 \text{ кН};$$

Згинальний момент M :

$$\begin{aligned} M_{II}(z) &= R_A z + R_B(z - L + L_2) - q_1(z - a_1)^2/2 = \\ &= -32.2z + 50.7(z - 2.2 + 1.7) - 5(z - 0)^2/2 = \\ &= -32.2z + 50.7(z - 0.5) - 5z^2/2 = -2.5z^2 + 18.5z - 25.35; \end{aligned}$$

Значення M на краях відрізка:

$$M_{II}(0.5) = -2.5 \cdot 0.5^2 + 18.5 \cdot 0.5 - 25.35 = -16.725 \text{ кНм};$$

$$M_{II}(1.1) = -2.5 \cdot 1.1^2 + 18.5 \cdot 1.1 - 25.35 = -8.025 \text{ кНм};$$

Кут повороту січення θ :

$$\begin{aligned} EI\theta_{II}(z) &= EI\theta_0 + R_A z^2/2 + R_B(z - L + L_2)^2/2 - q_1(z - a_1)^3/6 = \\ &= 1.36771 - 32.2z^2/2 + 50.7(z - 2.2 + 1.7)^2/2 - 5(z - 0)^3/6 = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.36771 - 16.1z^2 + 50.7(z^2/2 - 0.5z + 0.125) - 5z^3/6 = \\
 &= -0.83333z^3 + 9.25z^2 - 25.35z + 7.70521;
 \end{aligned}$$

Значення $EI\theta$ на краях відрізка:

$$EI\theta_{II}(0.5) = -0.83333 \cdot 0.5^3 + 9.25 \cdot 0.5^2 - 25.35 \cdot 0.5 + 7.70521 = -2.76146 \text{ кНм}^2;$$

$$EI\theta_{II}(1.1) = -0.83333 \cdot 1.1^3 + 9.25 \cdot 1.1^2 - 25.35 \cdot 1.1 + 7.70521 = -10.0965 \text{ кНм}^2;$$

Прогин w :

$$\begin{aligned}
 EIw_{II}(z) &= EI\theta_0 z + R_A z^3/6 + R_B(z - L + L_2)^3/6 - q_1(z - a_1)^4/24 = \\
 &= 1.36771z - 32.2z^3/6 + 50.7(z - 2.2 + 1.7)^3/6 - 5(z - 0)^4/24 = \\
 &= 1.36771z - 5.36667z^3 + 50.7(z^3/6 - 0.25z^2 + 0.125z - 0.020833) - 5z^4/24 = \\
 &= -0.20833z^4 + 3.08333z^3 - 12.675z^2 + 7.70521z - 1.05625;
 \end{aligned}$$

Значення EIw на краях відрізка:

$$\begin{aligned}
 EIw_{II}(0.5) &= -0.20833 \cdot 0.5^4 + 3.08333 \cdot 0.5^3 - \\
 &- 12.675 \cdot 0.5^2 + 7.70521 \cdot 0.5 - 1.05625 = 0;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIw_{II}(1.1) &= -0.20833 \cdot 1.1^4 + 3.08333 \cdot 1.1^3 - \\
 &- 12.675 \cdot 1.1^2 + 7.70521 \cdot 1.1 - 1.05625 = -4.11838 \text{ кНм}^3;
 \end{aligned}$$

Ділянка III ($1.1 \leq z \leq 2.1$):

Поперечна сила Q :

$$Q_{III}(z) = R_A + R_B - q_1(z - a_1) - F_1 = -32.2 + 50.7 - 5(z - 0) - 7.5 = -5z + 11;$$

Значення Q на краях відрізка:

$$Q_{III}(1.1) = -5 \cdot 1.1 + 11 = 5.5 \text{ кН};$$

$$Q_{III}(2.1) = -5 \cdot 2.1 + 11 = 0.5 \text{ кН};$$

Згинальний момент M :

$$\begin{aligned}
 M_{III}(z) &= R_A z + R_B(z - L + L_2) - q_1(z - a_1)^2/2 - F_1(z - c_1) = \\
 &= -32.2z + 50.7(z - 2.2 + 1.7) - 5(z - 0)^2/2 - 7.5(z - 1.1) = \\
 &= -32.2z + 50.7(z - 0.5) - 5z^2/2 - 7.5(z - 1.1) = -2.5z^2 + 11z - 17.1;
 \end{aligned}$$

Значення M на краях відрізка:

$$M_{III}(1.1) = -2.5 \cdot 1.1^2 + 11 \cdot 1.1 - 17.1 = -8.025 \text{ кНм};$$

$$M_{III}(2.1) = -2.5 \cdot 2.1^2 + 11 \cdot 2.1 - 17.1 = -5.025 \text{ кНм};$$

Кут повороту січення θ :

$$EI\theta_{III}(z) = EI\theta_0 + R_A z^2/2 + R_B(z - L + L_2)^2/2 - q_1(z - a_1)^3/6 - F_1(z - c_1)^2/2 =$$

$$\begin{aligned}
&= 1.36771 - 32.2z^2/2 + 50.7(z - 2.2 + 1.7)^2/2 - 5(z - 0)^3/6 - 7.5(z - 1.1)^2/2 = \\
&= 1.36771 - 16.1z^2 + 50.7(z^2/2 - 0.5z + 0.125) - 5z^3/6 - 7.5(z^2/2 - 1.1z + 0.605) = \\
&= -0.83333z^3 + 5.5z^2 - 17.1z + 3.16771;
\end{aligned}$$

Значення $EI\theta$ на краях відрізка:

$$EI\theta_{III}(1.1) = -0.83333 \cdot 1.1^3 + 5.5 \cdot 1.1^2 - 17.1 \cdot 1.1 + 3.16771 = -10.0965 \text{ кНм}^2;$$

$$EI\theta_{III}(2.1) = -0.83333 \cdot 2.1^3 + 5.5 \cdot 2.1^2 - 17.1 \cdot 2.1 + 3.16771 = -16.2048 \text{ кНм}^2;$$

Прогин w :

$$\begin{aligned}
EIw_{III}(z) &= EI\theta_0 z + R_A z^3/6 + R_B(z - L + L_2)^3/6 - q_1(z - a_1)^4/24 - F_1(z - c_1)^3/6 = \\
&= 1.36771z - 32.2z^3/6 + 50.7(z - 2.2 + 1.7)^3/6 - 5(z - 0)^4/24 - 7.5(z - 1.1)^3/6 = \\
&= 1.36771z - 5.36667z^3 + 50.7(z^3/6 - 0.25z^2 + 0.125z - 0.020833) - 5z^4/24 - 7.5(z^3/6 - \\
&0.55z^2 + 0.605z - 0.22183) = -0.20833z^4 + 1.83333z^3 - 8.55z^2 + 3.16771z + 0.6075;
\end{aligned}$$

Значення EIw на краях відрізка:

$$\begin{aligned}
EIw_{III}(1.1) &= -0.20833 \cdot 1.1^4 + 1.83333 \cdot 1.1^3 - \\
&- 8.55 \cdot 1.1^2 + 3.16771 \cdot 1.1 + 0.6075 = -4.11838 \text{ кНм}^3;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EIw_{III}(2.1) &= -0.20833 \cdot 2.1^4 + 1.83333 \cdot 2.1^3 - \\
&- 8.55 \cdot 2.1^2 + 3.16771 \cdot 2.1 + 0.6075 = -17.519 \text{ кНм}^3;
\end{aligned}$$

Ділянка IV ($2.1 \leq z \leq 2.2$):

Поперечна сила Q :

$$Q_{IV}(z) = R_A + R_B - q_1(z - a_1) - F_1 = -32.2 + 50.7 - 5(z - 0) - 7.5 = -5z + 11;$$

Значення Q на краях відрізка:

$$Q_{IV}(2.1) = -5 \cdot 2.1 + 11 = 0.5 \text{ кН};$$

$$Q_{IV}(2.2) = -5 \cdot 2.2 + 11 = 0;$$

Згинальний момент M :

$$\begin{aligned}
M_{IV}(z) &= R_A z + R_B(z - L + L_2) - q_1(z - a_1)^2/2 - F_1(z - c_1) + M_1 = \\
&= -32.2z + 50.7(z - 2.2 + 1.7) - 5(z - 0)^2/2 - 7.5(z - 1.1) + 5 = \\
&= -32.2z + 50.7(z - 0.5) - 5z^2/2 - 7.5(z - 1.1) + 5 = -2.5z^2 + 11z - 12.1;
\end{aligned}$$

Значення M на краях відрізка:

$$M_{IV}(2.1) = -2.5 \cdot 2.1^2 + 11 \cdot 2.1 - 12.1 = -0.025 \text{ кНм};$$

$$M_{IV}(2.2) = -2.5 \cdot 2.2^2 + 11 \cdot 2.2 - 12.1 = 0;$$

Кут повороту січення θ :

$$EI\theta_{IV}(z) = EI\theta_0 + R_A z^2/2 + R_B(z - L + L_2)^2/2 - q_1(z - a_1)^3/6 - F_1(z - c_1)^2/2 + M_1(z - d_1) =$$

$$1.36771 - 32.2z^2/2 + 50.7(z - 2.2 + 1.7)^2/2 - 5(z - 0)^3/6 - 7.5(z - 1.1)^2/2 + 5(z - 2.1) =$$

$$1.36771 - 16.1z^2 + 50.7(z^2/2 - 0.5z + 0.125) - 5z^3/6 - 7.5(z^2/2 - 1.1z + 0.605) + 5(z - 2.1) = -0.83333z^3 + 5.5z^2 - 12.1z - 7.33229;$$

Значення $EI\theta$ на краях відрізка:

$$EI\theta_{IV}(2.1) = -0.83333 \cdot 2.1^3 + 5.5 \cdot 2.1^2 - 12.1 \cdot 2.1 - 7.33229 = -16.2048 \text{ кНм}^2;$$

$$EI\theta_{IV}(2.2) = -0.83333 \cdot 2.2^3 + 5.5 \cdot 2.2^2 - 12.1 \cdot 2.2 - 7.33229 = -16.2056 \text{ кНм}^2;$$

Прогин w :

$$EIw_{IV}(z) = EI\theta_0 z + R_A z^3/6 + R_B(z - L + L_2)^3/6 - q_1(z - a_1)^4/24 - F_1(z - c_1)^3/6 + M_1(z - d_1)^2/2 =$$

$$1.36771z - 32.2z^3/6 + 50.7(z - 2.2 + 1.7)^3/6 - 5(z - 0)^4/24 - 7.5(z - 1.1)^3/6 + 5(z - 2.1)^2/2 =$$

$$1.36771z - 5.36667z^3 + 50.7(z^3/6 - 0.25z^2 + 0.125z - 0.020833) - 5z^4/24 - 7.5(z^3/6 - 0.55z^2 + 0.605z - 0.22183) + 5(z^2/2 - 2.1z + 2.205) =$$

$$= -0.20833z^4 + 1.83333z^3 - 6.05z^2 - 7.33229z + 11.6325;$$

Значення EIw на краях відрізка:

$$EIw_{IV}(2.1) = -0.20833 \cdot 2.1^4 + 1.83333 \cdot 2.1^3 - 6.05 \cdot 2.1^2 - 7.33229 \cdot 2.1 + 11.6325 = -17.519 \text{ кНм}^3;$$

$$EIw_{IV}(2.2) = -0.20833 \cdot 2.2^4 + 1.83333 \cdot 2.2^3 - 6.05 \cdot 2.2^2 - 7.33229 \cdot 2.2 + 11.6325 = -19.1395 \text{ кНм}^3;$$

Відповідь:

Реакції опор: $R_A = -32.2 \text{ кН}$; $R_B = 50.7 \text{ кН}$;

Внутрішні зусилля: $Q_{\max} = 34.7 \text{ кН}$; $M_{\max} = 16.73 \text{ кНм}$;

Переміщення: $\theta_{\max} = 16.21 \text{ кНм}^2/EI$; $w_{\max} = 19.14 \text{ кНм}^3/EI$;

3.3. Гідрофікація автомобільного причепа

Гідрофікація - це встановлення на автомобільний причіп об'ємного гідроприводу (комплекту гідрофікаційного обладнання), призначеного для подальшого використання причепа у складі легкового автомобіля. Простими словами, установка гідравліки дозволяє перетворити легковий автомобіль на

одиницю спецтехніки при відносній простоті та дешевизні такої процедури перетворення.

Гідравлічне обладнання дозволяє значно розширити можливості будь-якого виду транспорту. Гідрофікація легкових причепів дає змогу збільшити сферу їх застосування, зросте функціональність і продуктивність роботи.

До гідрофікації (переобладнання) легкових причепів, крім цього, прийнято відносити установку спецобладнання, наприклад кранів-маніпуляторів, а також нахилів кузова та іншої апаратури. Потрібно зауважити, що ціна досить висока, а тому до неї вдаються, тільки якщо існує реальна необхідність переведення роботи легкових причепів в ту чи іншу сферу.

Принцип роботи гідравліки на легкових причепах полягає в тому, що електродвигун передає на насосний вал крутний момент. Вал, у свою чергу, передає енергію, за допомогою переміщення робочої рідини в гідроциліндр, який відповідає за перетворення гідравлічної енергії у поступальну та кінетичну. Виконавши свою місію, робоча рідина прямує до насоса або прямо в бак.

Говорячи про види подібного вдосконалення легкових причепів, варто відзначити, що виділяють одноконтурні та двоконтурні типи.

Одноконтурна гідрофікація

Така схема впровадження гідравліки (рис. 3.13) найпростіша, її можна використовувати у легкових причепах з одностороннім типом розвантаження, коли кузов повертається для розвантаження лише в один певний бік. Такі причепа випускають компанії Угличмаш; Шмітц, Мейллер, ТОНЕР, Бецема.

Установка одноконтурної гідравлічної системи на легкові причепа відрізняється відносною доступною вартістю, а також достатньою ефективністю. Щоправда, варто відзначити і її мінус – обмеження варіантів розвантаження.

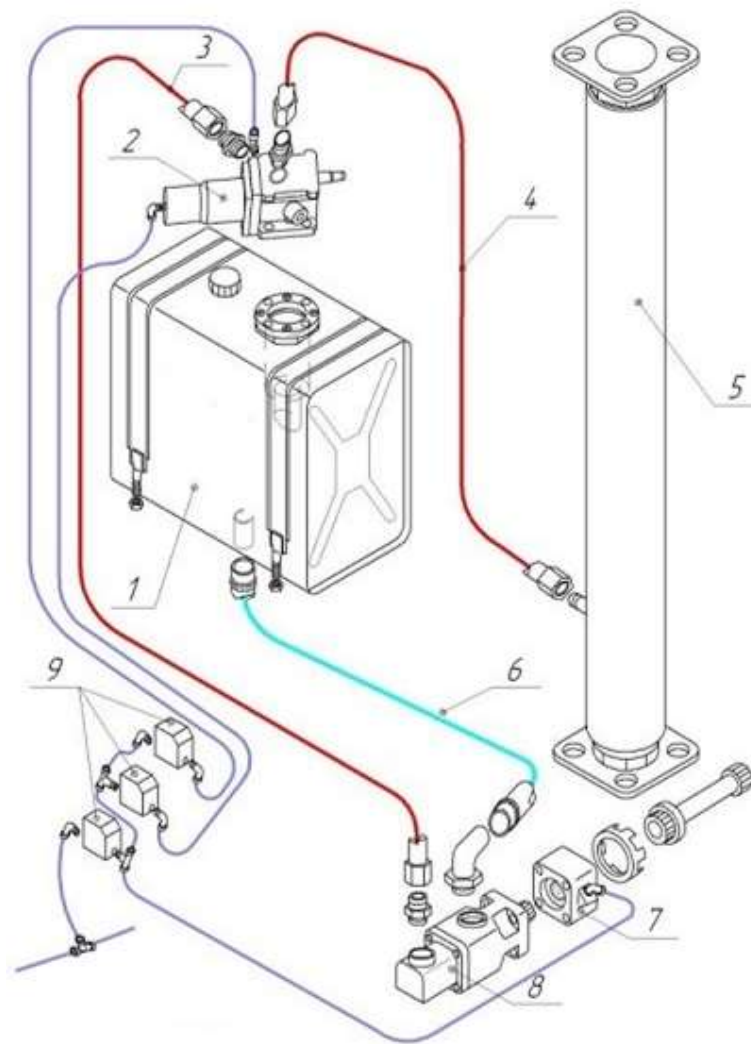


Рис. 3.13 - Схема одноконтурної гідрофікації (бак у ящику причепа)

1 - гідробак для масла; 2 - гідророзподільник; 3,4 - рукав високого тиску; 5 – гідроциліндр для підйому кузова; 6 - рукав низького тиску; 7 – КОМ; 8 – насос шестеренний; 9 – управління гідросистемою

Особливості двоконтурної системи

Двоконтурний тип (рис. 3.14) використовують, коли автомобіль має взаємодіяти з масивним причепом. Крім того, дану схему застосовують, коли автомобіль має працювати з дво- чи тристороннім розвантаженням. Тоді кузов зможе примусово перекидатися в три сторони, що значно розширює функціональність. Це дозволяє автомобілісту працювати з самоскидними причепами з вивантаженням на один бік, а також самостійно роблячи вивантаження назад і убік.

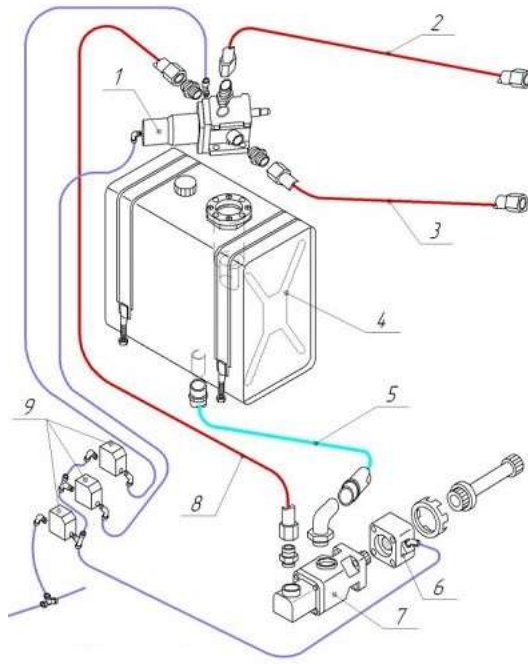


Рис. 3.14 - Схема двоконтурної гідрофікації (бак у ящику причепа)

1 - гідророзподільник; 2, 3 - рукав високого тиску; 4 - гідробак для масла
 5 – рукав низького тиску; 6 - КОМ; гідроциліндр для підйому кузова; 7 – насос шестеренний; 8 – рукав високого тиску; 9 – управління гідросистемою

Головними вузлами в автомобільному гідравлічному устаткуванні причепа прийнято вважати:

- Електродвигун з редуктором. Ці компоненти передають крутний момент, що йде від електричної системи автомобіля до гідравлічного обладнання. Сам електродвигун характеризується великою масою та розміром, тому для його встановлення потрібно провести точний розрахунок.
- Поршневий або шестерний насос. Вибір типу насоса буде проводитись залежно від величини тиску в системі. Якщо показник досить великий, краще зробити вибір на користь поршневого насоса, оскільки він краще працює з високим тиском. У разі перевантажень у системі гідрообладнання тиск може підвищуватись до 300 атмосфер.
- Гідравлічний розподільник. Він необхідний для правильного розподілу гідравлічної рідини у потрібному напрямку для підйому та опускання

кузова. Сучасні варіанти гідравлічного обладнання виконані так щоб захистити цей компонент від підвищеного тиску системи.

- Гідравлічний бак. Гідрофікація має на увазі, що бак - це ємність, обсяг якої коливається від 10 до 50 літрів. Найчастіше його кріплять на раму причепа збоку, і він містить повітряні та масляні фільтри. Монтаж гідравлічного обладнання на автомобільний причіп – це використання мінімуму простору із найкращою ефективністю. Саме тому форма гідравлічного бака завжди відповідає необхідним умовам, тобто максимально оптимізована під існуючі простори для встановлення.

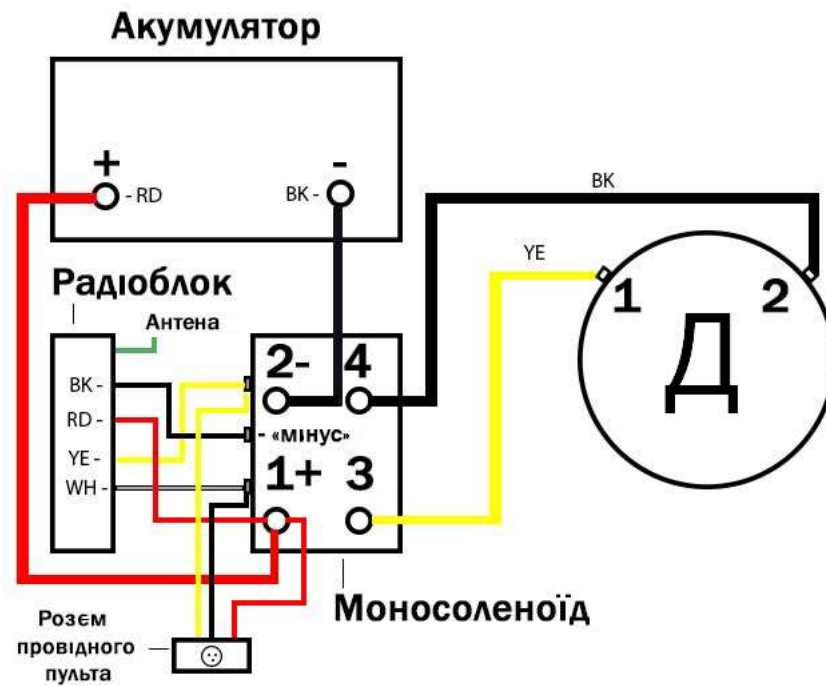
3.4.1. Застосування гідродвигуна для підйому кузова причепа

Сучасні способи гідрофікації здатні перетворити будь-який легковий причіп на універсальний спеціалізований продуктивний транспортний засіб.

В даній конструкції причепа пропонується застосувати гідродвигун типу *HL1000* або *HL2000* (компанія *Stronger*) [12], який здебільшого застосовується у гідравлічних ліфтах для підвісного човнового двигуна та гідроботів невеликих фургонів. Основні складові механізму підйому (рис. 3.15) наступні: гідродвигун типу *HL1000*, контактне реле *ZJSF-120A-12V*, пульт дистанційного керування (Виробник «*Inny (buss0)*»), шланги високого тиску. Також важливим є застосування гідроциліндра двосторонньої дії.



Рис. 3.15 - Основні складові механізму підйому: 1 – гідромотор; 2 – реле (моносоленоїд); 3 - шланги високого тиску; 4 - дистанційний пульт



Кольори проводів

RD - червоний

BK - чорний

WH - білий

YE - жовтий

Схема під'єднання

- гідродвигун

- акумулятор

- моносоленоїд

- роз'єм провідного пульта

- радіоблок безпроводного пульта

Рис. 3.16 - Схема під'єднання всіх елементів гідравлічно-електричної

Завдяки такому обладнанню і такій схемі під'єднання (рис. 3.16) ми зможемо застосовувати даний причеп не тільки у агрегуванні з легковими автомобілями але і з іншими транспортними засобами, які здатні працювати із такими вантажами.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Конституційні засади охорони праці в Україні.

Законодавство України про охорону праці Законодавство про охорону праці ґрунтується на положеннях, які відповідають Конституції України. Окремі статті (43, 45, 46, 49, 50, 53, 56, 64) Конституції України гарантують право громадян України на працю, відпочинок, охорону здоров'я, медичну допомогу та страхування, а також у випадку повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, у старості та інших випадках [13,14].

Законодавчі документи та положення з охорони праці затверджені і видані в різний час Верховною Радою України, Кабінетом Міністрів України.

Загальне законодавство про охорону праці визначається Конституцією України, Законом України "Про охорону праці", "Кодексом законів про працю", Законами України "Про підприємства в Україні" (ст. 25), "Про колективні договори і угоди" (ст.7) та ін. Сюди належать:

- міжгалузеві і галузеві нормативні акти: (Правила побудови та безпечної експлуатації ліфтів, Правила побудови та безпечної експлуатації вантажних кранів, Правила побудови та безпечної експлуатації посудин, які працюють під тиском, Правила побудови та безпечної експлуатації парових і водо нагрівних котлів, Правила пожежної безпеки, Правила охорони праці на підприємствах роздрібною торгівлі тощо);

- Державні стандарта України (ДСТУ 2156-93, ССБП Безпека промислового підприємства, ДСТУ 2272-93 ССБП Пожежна безпека, Охорона праці);

- правила, норми, положення, інструкції керівників або вказівки, вимоги, рекомендації, технічні умови безпеки.

Закон України "Про охорону праці" прийнятий 14 жовтня 1992 року Верховною Радою України, розповсюджується на всі підприємства, організації та установи незалежно від форм власності та видів їх діяльності.

Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим органом (далі – власник) і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. У Закон внесені наступні зміни:

- впровадження економічних методів управління охороною праці на зміну адміністративно-командним;
- застосування ряду додаткових штрафних санкцій, а також пільг щодо оподаткування;
- створення чіткої системи органів державного управління в нагляду за охороною праці та системи організації цієї роботи безпосередньо на підприємствах, організаціях і установах незалежно від форм власності;
- суттєве розширення прав і соціальних гарантій працівників, насамперед осіб, які потерпіли від нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання, та сімей загиблих;
- визначення місця і ролі колективного договору підприємства у виконанні завдань щодо поліпшення умов і безпеки праці, забезпечення встановлених законом прав і соціальних гарантій працівників, у тому числі на пільги і компенсації; • визначення правового статусу служб з охорони праці на підприємствах і в органах державного управління всіх рівнів;
- забезпечення навчання населення з питань охорони праці;
- запровадження спеціального курсу "Охорона праці" в усіх навчальних закладах системи освіти України, започаткування підготовки фахівців з охорони праці у вищих технічних навчальних закладах України;
- забезпечення активної участі профспілок та інших громадських формувань, широких кіл трудящих у вирішенні проблем охорони праці;

- створення необхідних передумов для започаткування нових громадських інститутів і можливості обрання комісій з охорони праці підприємства та уповноважених трудового колективу з цих питань тощо.

В Законі враховано основні вимоги конвенцій і рекомендацій Міжнародної Організації Праці щодо безпеки і гігієни праці та виробничого середовища, регулювання відносин охорони праці в передових країнах, досвід охорони праці України в попередні роки.

4.2. Дії персоналу невеликих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій

1. Загальні положення.

1.1. Типову інструкцію розроблено Українським НДІ цивільного захисту відповідно до ст. 130 Кодексу цивільного захисту України [13,14].

1.2. Залежно від існуючої або прогнозованої обстановки з питань цивільного захисту та надзвичайних ситуацій на підприємстві, в установі, організації, закладі (далі – підприємство) може бути встановлено один з трьох режимів функціонування об'єктової ланки функціональної або територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту:

- режим повсякденного функціонування;
- режим підвищеної готовності;
- режим надзвичайної ситуації. Режими встановлюються органами виконавчої влади, а у окремих випадках на території підприємства – його керівником.

1.3. Усі працівники підприємства, незалежно від займаних посад, повинні знати та суворо виконувати вимоги Типової інструкції щодо дій персоналу підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій. За невиконання вимог Інструкції персонал підприємства може бути притягнутий до адміністративної відповідальності.

2. Характеристика можливої обстановки в районі підприємства при виникненні надзвичайної ситуації. У розділі перелічуються можливі джерела потенційної небезпеки на території самого підприємства або поблизу нього, додається характеристика можливої обстановки при виникненні надзвичайних ситуацій, пов'язаної з руйнуванням або іншим негативним впливом. Відомості про джерела небезпеки та характер їхнього впливу на підприємство надають районні державні адміністрації, виконавчі органи міських рад.

3. Порядок оповіщення адміністрації та персоналу про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.

3.1. Оповіщення адміністрації, робітників та службовців підприємства щодо надзвичайних ситуацій проводиться за заздалегідь розробленою схемою.

3.2. Адміністрація у неробочий час оповіщається телефоном (вказується відповідальний виконавець). Залежно від обстановки оповіщається й решта персоналу.

3.3. У робочий час персонал підприємств оповіщається про надзвичайну ситуацію (вказується яким способом).

3.4. При отриманні інформації про надзвичайну подію вмикають сирени, виробничі гудки, що буде означати подання попереджувального сигналу «Увага всім», після чого негайно приводяться у готовність радіо- та телеприймачі для прийняття повідомлення.

3.5. Кожний працівник підприємства повинен знати сигнали оповіщення цивільного захисту та вміти правильно діяти в умовах загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

4. Порядок укриття персоналу в захисних спорудах цивільного захисту.

4.1. На випадок виникнення надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою або початком забруднення повітря хімічно небезпечною чи радіоактивною речовиною всі працівники підприємства підлягають укриттю в захисній споруді цивільного захисту (вказується адреса та приналежність споруди).

4.2. Для термінового укриття працівників у разі забруднення хімічно небезпечною речовиною використовуються за герметизовані приміщення (вказується адреса), забезпечується перебування у них без подачі повітря.

4.3. При отриманні інформації про радіоактивну небезпеку працівники укриваються в приміщенні (вказується приміщення, адреса), яке забезпечує захист осіб, що переходять від ураження іонізуючим випромінюванням при радіоактивному зараженні.

5. Порядок видачі персоналу засобів індивідуального захисту [13,14]

5.1. Засоби індивідуального захисту (вказується які) видаються після отримання відповідного розпорядження або за рішенням керівника підприємства (вказується місце видачі).

5.2. Працівники, які отримали такі засоби, повинні перевірити їх стан, провести підбір та мати постійно при собі або на робочому місці.

5.3. Протигази переводяться у бойовий стан за командою або самостійно, при наявності небезпеки забруднення повітря.

6. Порядок виділення автотранспорту для проведення евакуації

6.1. При проведенні термінової евакуації персоналу та відвідувачів з небезпечних зон залучається весь наявний службовий, а також особистий транспорт працівників підприємства, які повинні надавати його в розпорядження адміністрації.

7. Додержання протиепідемічних заходів при загрозі розповсюдження небезпечних інфекційних захворювань

7.1. Якщо на території підприємства або поблизу нього виникла небезпека розповсюдження особливо небезпечних інфекційних захворювань, усі працівники повинні суворо виконувати вимоги санітарноепідеміологічної служби щодо проведення термінової профілактики та імунізації, ізоляції та лікування виявлених хворих, дотримуватися режиму із запобігання розповсюдженню інфекції.

7.2. При необхідності працівники, які прибули на роботу, повинні проходити санітарну обробку (вказується місце її проведення), дезінфекцію або

міняти одяг, а водії транспортних засобів — здійснювати спеціальну обробку автотранспорту (вказується місце її проведення), а також виконувати інші вимоги та заходи, які перешкоджають розповсюдженню особливо небезпечних інфекційних захворювань.

8. Збереження матеріальних цінностей у період загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

8.1. Усі працівники підприємства повинні вжити необхідних заходів щодо зберігання матеріальних цінностей при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

8.2. Заходи із захисту від надзвичайних ситуацій або з ліквідації їхніх наслідків повинні враховувати необхідність попередження або зменшення можливих збитків підприємству.

8.3. Відповідальність за організацію охорони майна підприємства під час захисту від надзвичайних ситуацій або ліквідації їхніх наслідків покладається на (вказується посада, прізвище).

9. Особливості дій працівників при деяких надзвичайних ситуаціях.

9.1. При загрозі хімічного ураження оповіщаються всі працівники та відвідувачі, які знаходяться на території підприємства.

9.2. Вентиляційні установки та кондиціонери терміново виключаються, закриваються вікна, двері, кватирки, приміщення герметизуються. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації.

9.3. Працівникам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно вживаються заходи із забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками.

9.4. Відповідальні за забезпечення герметизації приміщень (посада, прізвище), за забезпечення працівників та відвідувачів засобами індивідуального захисту (посада, прізвище).

9.5. При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники, хімічно небезпечної речовини працівники повинні вийти (вказати куди) або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити із зони необхідно тільки у

засобах індивідуального захисту та рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру.

9.6. При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації.

9.7. Відповідальність за дотримання заходів пожежної безпеки та організацію дій персоналу при загрозі або виникненні пожежі покладається на (посада, прізвище).

9.8. При радіоактивному забрудненні території підприємства або при загрозі забруднення всі працівники повинні уважно слідкувати за мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається по радіо та телебаченню після попереджувального сигналу «Увага всім», за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті та суворо виконувати рекомендації із захисту від радіоактивного зараження.

9.9. Працівник (посада, прізвище) організовує на території підприємства контроль за радіаційною обстановкою за допомогою побутового дозиметру (називається тип приладу) та постійно інформує про результати вимірювань адміністрацію підприємства, управління з питань надзвичайних ситуацій.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Витрати на виготовлення причепа [15]

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

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

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

C_n - заробітна плата, виробничих робочих зайнятих на складанні конструкцій, грн;

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

Витрати на виготовлення оригінальних деталей

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

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

C_m - вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей.

Пряму заробітну плату визначимо за формулою

$$C_{прн} = C_{пр} + C_о + C_{соу} + C_{отп}, \quad (5.13)$$

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

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

$C_{отп}$ - оплата відпустки, грн.

Основна заробітна плата виробничих робітників

$$C_{пр} = t_{cp} \cdot C_ч \cdot K_о, \quad (5.14)$$

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

$C_ч$ - годинна ставка робітників, приймаємо $C_ч = 80$ грн;

$K_о$ - 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

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

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

Оплата відпусток

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

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

Нарахування із соціального страхування

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

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

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 металопродукту 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
Полоса $\frac{Б-2-10 \times 40 \text{ ГОСТ } 103-76}{Ст3 \text{ ГОСТ } 535-79}$	2,5	43,0	107,5
Лист $\frac{Б-ПН-0-3 \text{ ГОСТ } 19903-74}{Ст3 \text{ ГОСТ } 16523-70}$	8,5	43,0	365,5
Труба квадратна $\frac{50 \times 2,8}{ГОСТ 3262-75}$	8,4	51,6	433,64

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4
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
Разом			1123,84

Тоді витрати на виготовлення оригінальних деталей дорівнюватимуть

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

Ціна покупних виробів і витратних матеріалів C_{no} береться за прејскурантом і заноситься до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Вартість покупних виробів і витратних матеріалів

Назва	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Болти	10	7,0	70,0
Гвинти	4	3,0	12,0
Гайки	10	4,0	40,0
Шайби	26	2,0	52,0
Шплінти	4	1,0	4,0
Електроди	2 уп	200	400,0
Фарба	1 л	150,0	150,0
Круги відрізні	20	15	300
Круги зачисні	5	18	90
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;

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

$$C_{c\delta} = t_{c\delta} \cdot C_u \cdot K_{\delta}, \quad (5.20)$$

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

$$C_{\delta c\delta} = 0,4 C_{c\delta}, \quad (5.21)$$

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

$$C_{omn c\delta} = 0,085(C_{c\delta} + C_{\delta c\delta}), \quad (5.22)$$

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

$$C_{coy c\delta} = 0,28(C_{c\delta} + C_{\delta c\delta} + C_{omn c\delta}), \quad (5.23)$$

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

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

Тоді витрати на виготовлення причепа 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 – 38000 грн (середня вартість гідросистеми з приводом у магазині [12]).

N_p – річна програма ремонту із застосуванням розробки, кількість ТО із застосуванням конструкції. Приймаємо $N_p = 1$.

$$E_p = (38000 - 12328,6) \cdot 1 = 25671,4 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень

$$O_p = \frac{C_{кон}}{E_p}, \quad (5.25)$$

$$O_p = \frac{12328,6}{25671,4} = 0,6 \text{ року.}$$

Показники економічної ефективності від впровадження у виробництво легкового саморозвантажувального причепа для легкових автомобілів 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 матеріалів	грн	1118,0
Вартість гідросистеми з приводом	грн	38000
Витрати на виготовлення причепа	грн	12328,6
Економічна ефективність капітальних вкладень	грн	25671,4
Річна програма ремонту із застосуванням розробки	шт	1
Строк окупності капітальних вкладень	років	0,6

Економічна ефективність становить 25671 грн, а термін окупності капітальних вкладень становить 0,6 року (близько 7,3 місяців).

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В ході проведеного дослідження було розглянуто питання вдосконалення конструкції автомобільного легкового причепа шляхом встановлення розвантажувального механізму. Нами проведено детальний аналіз існуючих конструкцій легкових причепів та способів їх розвантаження. Виявлено, що більшість наявних рішень потребують значних фізичних зусиль від користувача, що знижує зручність експлуатації та продуктивність роботи.

На основі аналізу було розроблено конструкцію розвантажувального механізму, який дозволяє автоматизувати процес розвантаження причепа. Було розглянуто декілька варіантів механічних та гідравлічних систем, а також проведено їх порівняння за критеріями ефективності, надійності та вартості.

Розроблений розвантажувальний механізм було змодельовано за допомогою сучасних програмних засобів, що дозволило виявити можливі проблеми на стадії проектування та провести їх усунення.

Впровадження розвантажувального механізму дозволило значно підвищити зручність використання причепа, знизити час і фізичні зусилля, необхідні для розвантаження, а також підвищити загальну безпеку експлуатації. Це робить легкові причепа більш затребуваними для користувачів та розширює їх функціональні можливості.

На основі проведеного дослідження та отриманих результатів пропонується: розглянути можливість впровадження розробленого розвантажувального механізму в серійне виробництво легкових причепів. Це дозволить значно підвищити конкурентоспроможність продукції на ринку та задовольнити потреби широкого кола користувачів.

Впровадження запропонованих рішень та рекомендацій дозволить суттєво покращити конструкцію легкових причепів, підвищити їх зручність та безпеку, що сприятиме розвитку автомобільного транспорту та задоволенню потреб користувачів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правдін Н.В., Негрей В.Я., Подкопаєв В.А. Взаємодія різних видів транспорту. Транспорт, 1989 р.
2. Збірник законодавчих та нормативних документів, що регламентують діяльність автомобільного транспорту з питань безпечних перевезень пасажирів і вантажів. К.: Основа, 2001. 345с.
3. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини. К.: Вища школа, 1993. 413 с.
4. Бабій М.В., Чорній Б.П. Вплив підготовчих операцій на ефективність транспортування вантажів. *Міжнародна науково-технічна конференція присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича. Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин.* Тернопіль, 23-24 вересня 2021.
5. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом. Транспорт, 1981 р.
6. Автомобільні перевезення вантажів : [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://readonline.com.ua/items/anons/vazhnoe-anons/16684-avtomobilni-perevezennya-vantazhiv-perevagi-ta-nedoliki/>.
7. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористування», 2019. №3 (13) С. 87–91.
8. Система моніторингу транспорту : [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://intelli.com.ua/ua/statti/systema-monitorynhu-transportu-pliusy-ipliusy.htm>
9. Бондарєв В.С., Дубинець О.І., Колісник М.П. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник. К.: Вища шк., 2009. 734 с.
10. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні. К.: Державтотрансдипроєкт, 1998. – 129 с.

11. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підруч. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 672 с.

12. Гідравлічний ліфт для підвісного човнового мотора від 60 до 120 к.с. HL 2000: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://stronger.in.ua/product/gidravlichnij-lift-dlya-pidvisnogo-chovnovogo-motora-vid-80-do-150-ks-hl-2000/>

13. Бедрій Я. І. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Львів: Видавнича фірма «Афіша», 1999. 275 с.

14. Желібо Є. П., Заверуха Н. М., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації. Київ: «Каравела», Львів: «Новий Світ – 2000», 2001. 320 с.

15. Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Економіка підприємств автомобільного транспорту: Навч. посібник для студ. спец. "Автомобілі та автомобільне господарство". Вінницький держ. технічний ун-т. Вінниця : ВДТУ, 2002. 115 с.