

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “ Удосконалення підвіски автомобільного причепа зменшеної металосмності ”

Виконав: студент ІV курсу групи Ат-23сп  
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Орест СТАДНИК

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023





УДК 629.113.066.

Стадник О.Б. Удосконалення підвіски автомобільного причепа зменшеної металоємності: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 63 с.

Табл. 3; рис. 17; бібліогр. джерел 20.

Досліджено доцільність використання причепів для легкових автомобілів, розглянуто їх ринок. Проаналізовано різні види автомобільних причепів, зроблено аналіз їх підвісок.

Визначено найбільш популярні автомобільні причепа та їх виробників на ринку України. Проведено аналіз специфіки будови та роботи підвісок причепів зменшеної металоємності автотранспортної техніки.

Визначено причіп для модернізації. Надані пропозиції щодо удосконалення конструкції підвіски причепа «ПГМФ -8232»

Проведено удосконалення автмомбильної підвіски причепа, визначенні початкові данні для розробки торсіонної підвіски, проведенний розрахунок торсійної підвіски причепа «ПГМФ -8232», здійснений опис конструкції модернізованої торсійної підвіски причепа

Як показав економічний розрахунок, вартість матеріалів на підвіску буде знижена на 726,20 грн.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	8
1.1 Потреба у використанні автомобільних причепів.....	8
1.2 Обґрунтування вибору ефективного причепа .....	11
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи .....	17
2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПІДВІСКИ. ПРОПОЗИЦІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ .....	20
2.1 Вибір причепа для модернізації підвіски .....	20
2.2 Підвіски, що застосовуються у причепах для легкових автомобілів .....	23
2.3 Опис підвіски причепа виробництва фірми Автостен "ПГМФ -8232" .....	31
2.4 Пропозиції щодо удосконалення конструкції підвіски причепа «ПГМФ -8232».....	34
3 УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПІДВІСКИ .....	38
3.1 Початкові дані для розробки торсіонної підвіски .....	38
3.2 Розрахунок торсійної підвіски причепа «ПГМФ -8232».....	42
3.3 Опис конструкції модернізованої торсійної підвіски приче.....	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	53
4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час користування обладнанням.....	53
4.2 Планування заходів з покращення охорони праці.....	55

4.3	Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації електричного обладнання.....	56
4.4	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	59
5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБКИ ПІДВІСКИ ПРИЧЕПУ.....	60
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	62
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....	62

## ВСТУП

При визначенні критеріїв для підвіски автомобільного причепа враховуються декілька факторів, що впливають на безпеку, комфорт та ефективність транспортування. Ось деякі загальні критерії, які використовуються при проектуванні підвіски причепа:

**Навантаження:** Підвіска повинна бути спроектована для витримання максимального навантаження, яке може бути розміщене на причепі. Це включає в себе вагу самого причепа, вантажу та будь-яких пасажирів або вантажних пристроїв, що перебувають на ньому.

**Амортизація:** Підвіска повинна забезпечувати ефективну амортизацію, щоб зменшити вплив нерівностей дороги на причеп і забезпечити комфортну поїздку. Амортизаційні системи можуть включати пружини, амортизатори або інші механізми, які поглинають удари і вібрації.

**Безпека:** Підвіска повинна забезпечувати безпеку під час руху причепа. Це означає, що підвіска повинна мати достатню стійкість та контроль, щоб уникнути перекидання або перекидання причепа. Також важливо, щоб підвіска була надійно закріплена до основи причепа, щоб уникнути будь-яких пошкоджень або втрати контролю під час руху.

**Комфорт:** Добре спроектована підвіска забезпечує комфортну поїздку для пасажирів та захищає вантаж від пошкоджень. Ефективна амортизація допомагає зменшити вібрації та удари, що передаються на причіп від нерівностей дороги.

**Довговічність:** Підвіска повинна бути стійкою до зносу і мастил, щоб забезпечити тривалу експлуатацію причепа. Використання якісних матеріалів та компонентів, а також правильне підтримання та обслуговування підвіски, сприяють його довговічності.

Ці критерії допомагають забезпечити оптимальну функціональність та безпеку підвіски автомобільного причепа під час його експлуатації.

# **1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

## **1.1 Потреба у використанні автомобільних причепів**

Використання автомобільних причепів виникає з ряду потреб та переваг. Ось кілька ключових причин, чому люди використовують автомобільні причепа:

**Транспортування вантажів:** Автомобільні причепа дозволяють перевозити великі або важкі вантажі, які не можуть бути зручно поміщені у багажник автомобіля. Вони дозволяють збільшити загальний обсяг перевезення і перенести різноманітні вантажі, включаючи побутові речі, будівельні матеріали, спортивне обладнання та багато іншого.

**Перевезення транспортних засобів:** Причепа часто використовуються для перевезення транспортних засобів, таких як легкові автомобілі, мотоцикли, квадроцикли або велосипеди. Це дозволяє власникам перевозити свої транспортні засоби на відстані та за потреби, наприклад, для відпочинку на велосипеді або мотоциклі у віддалених місцях.

**Переїзд та пересування:** Автомобільні причепа є зручним засобом для переїзду та пересування. Вони дозволяють легко перевезти меблі, особисті речі та інші предмети, які не вміщаються в автомобіль. Це особливо корисно для сімей або індивідуальних осіб, які мають багато речей або потребують транспортувати великі предмети.

**Кемпінг та відпочинок:** Багато людей використовують автомобільні причепа для кемпінгу та відпочинку на природі. Проживання в кемпері або житловому причепі надає зручності та комфорт під час подорожей та відпочинку. Автомобільні причепа можуть бути оснащені спальними місцями, кухнею, санвузлом та іншими зручностями, що дозволяють забезпечити комфортне перебування на відкритому повітрі.



Враховуючи ці потреби, автомобільні причеми стають незамінними засобами для перевезення вантажів, пересування та відпочинку, пропонуючи зручність, гнучкість та більше простору для власників автомобілів.

Так, причеми для легкових автомобілів можна поділити за вантажопідйомністю на кілька категорій. Зазвичай цей поділ базується на вагових обмеженнях, які встановлені для конкретних типів прав водія та характеристик автомобіля. Основні категорії причепів для легкових автомобілів включають:

Легкі причеми (звичайні причеми): Ці причеми мають обмежену вантажопідйомність і зазвичай не перевищують 750 кг. Їх можна використовувати з легковими автомобілями, які мають відповідні права водія.

Важкі причеми: Ці причеми мають вантажопідйомність понад 750 кг і вимагають спеціальних прав водія. Вони зазвичай використовуються для перевезення важких вантажів, таких як будівельні матеріали або великі об'єкти.

Причеми з підвищеною вантажопідйомністю: Деякі причеми можуть мати підвищену вантажопідйомність, яка перевищує звичайні ліміти. Це може бути досягнуто за допомогою спеціальної конструкції, міцніших матеріалів або додаткових підсилювачів.

Важливо враховувати вимоги та обмеження, встановлені законодавством вашої країни щодо використання причепів для легкових автомобілів. Найкраще звернутися до місцевих правил та регуляцій, щоб дізнатися більше про вимоги до вантажопідйомності причепів для легкових автомобілів у вашому регіоні. За призначенням причеми до легкових автомобілів діляться на універсальні вантажні, призначені для перевезення різних вантажів та причеми спеціального призначення.

До причепів легкових автомобілів спеціального призначення належать різні типи, призначені для конкретних спеціалізованих завдань або

використання. Ось кілька прикладів причепів спеціального призначення для легкових автомобілів:

Промислові причепи: Це причепи, призначені для використання в промислових галузях, наприклад, для перевезення обладнання, інструментів, будівельних матеріалів або інших вантажів, пов'язаних з певною галуззю діяльності.

Вантажні причепи для перевезення вантажів з особливими вимогами: Це причепи, які мають спеціальні характеристики або конструкцію для перевезення вантажів з особливими вимогами до безпеки або обробки, наприклад, причепи для перевезення продуктів харчування, медичного обладнання, хрупких матеріалів тощо.

Кемпінгові причепи: Це причепи, призначені для відпочинку та кемпінгу. Вони оснащені спальними місцями, кухнею, санвузлом та іншими зручностями для комфортного перебування на відкритому повітрі.

Причепи для перевезення водних транспортних засобів: Це причепи, які призначені для перевезення човнів, каяків, водних мотоциклів або інших водних транспортних засобів.

Вантажні причепи зі спеціальними системами фіксації: Це причепи, які мають спеціальні системи фіксації або кріплення, що дозволяють безпечно перевозити певні типи вантажів, такі як мотоцикли, велосипеди, квадроцикли, снігоходи та інші.

Це лише деякі приклади причепів спеціального призначення для легкових автомобілів. Вибір причепа спеціального призначення залежить від конкретних потреб та вимог користувача. Для їзди з причепом достатньо прав з категорією "В" (за чинним законодавством), якщо дозволена максимальна маса причепа, що буксирується, не перевищує 750 кг. Або якщо дозволена максимальна маса причепа не перевищує масу спорядженого автомобіля, що відноситься до категорії "В", а дозволена максимальна маса такої комбінації транспортних засобів не перевищує 3500 кг.

У разі, коли причіп або склад “автомобіль та причіп” у ці рамки не вписуються, для керування автопоїздом потрібна категорія “Е”.

Причіп можна використовувати практично з будь-яким автомобілем, якщо дозволена максимальна маса причепа не перевищує маси спорядженого автомобіля, що відноситься до категорії “В”. Щодо причіпного вузла – фаркопа, то технічно його можна поставити на будь-який автомобіль.

Україна має кілька виробників причепів до легкових автомобілів. Ось декілька відомих фірм, які займаються виробництвом причепів від 200 до 1500 кг. в Україні:

"АвтоКрАЗ" (Автомобільний завод "Кременчуцький автомобільний завод") - компанія, що виробляє автомобілі та причепа різних типів, включаючи вантажні причепа для легкових автомобілів.

"Подільська кузня" - виробник причепів та півпричепів для легкових автомобілів з різними спеціалізаціями, включаючи вантажні, кемпінгові та водні причепа.

"Купава" - компанія, яка спеціалізується на виробництві причепів для легкових автомобілів, включаючи вантажні, кемпінгові та спеціалізовані причепа.

"Амтел-Вектор" - виробник автомобільних причепів, включаючи вантажні, кемпінгові та спеціалізовані причепа для легкових автомобілів.

## **1.2 Обґрунтування вибору ефективного причепа**

Використання причепів вантажопідйомністю до 300 кг має декілька переваг: Компактність: Ці причепа мають невеликі розміри і займають мало місця. Це особливо корисно, якщо у вас обмежені просторові можливості для зберігання, наприклад, у гаражі для автомобіля.

Низька маса: Проектування причепів з урахуванням низької власної маси дозволяє економити паливо та збільшувати маневреність автомобіля під час буксирування.

Причепи вантажопідйомністю до 300 кг зазвичай доступні за низькою ціною, що робить їх доступними для широкого кола користувачів.

Легкість в експлуатації: Зберігання та обслуговування таких причепів є простими завдяки їх компактності та низькій масі.

Універсальність: Ці причепи можуть бути буксировані багатьма видами автомобілів, навіть з невеликою потужністю двигуна.

Враховуючи всі ці переваги, причепи вантажопідйомністю до 300 кг є зручними і практичними засобами для перевезення невеликих вантажів або виконання домашніх завдань.

недоліки причепів малої вантажопідйомності. Ось деякі з них:

Малі вантажопідйомність і об'єм: Через обмежену вантажопідйомність, причепи малої вантажопідйомності не підходять для перевезення великого або важкого вантажу. Об'єм причепа також обмежений, що може бути недостатньо для деяких завдань перевезення.

Слабенькі пружинні підвіски: Причепи малої вантажопідйомності часто мають менш потужні або менш ефективні пружинні підвіски порівняно з великими вантажними причепами. Це може призводити до обмеженої здатності амортизувати поштовхи та удари на нерівних дорогах або при перевезенні важких вантажів.

Кволі 10-дюймові колеса та маточини: Малі вантажні причепи часто оснащені меншими колесами діаметром 10 дюймів, що може зменшити їх стійкість та маневреність на нерівних дорогах. Також маточини можуть бути менш міцними, що обмежує можливість перевезення важких вантажів або продовжує час життя маточин.

Обмеження щодо перевантажень і швидкостей: Проектування причепів малої вантажопідйомності зазвичай передбачає їх використання при невеликих швидкостях і з невеликими вантажами. При спробі перевантаження або перевищення рекомендованої швидкості може виникнути нестабільність причепа або пошкодження його компонентів.

Враховуючи ці недоліки, важливо відповідально підходити до вибору та використання причепа малої вантажопідйомності. Потрібно дотримуватись рекомендацій виробника та завжди враховувати обмеження здатності причепа, щоб забезпечити безпечну експлуатацію і уникнути пошкоджень.

Модель 8236. Перевагою є наявність штатного запасного колеса. Під час зберігання дишло можна повернути. Передній і задній борти відкриваються, і дозволяють возити доволі довгі вантажі.

Легковий причіп ЛЮБАРТ V0-2113 (рис. 1.1). Повна вага, 750,0 кг. Споряджена маса, 180,0 кг. Вантажопідйомність конструктивна, 720,0 кг. Довжина вантажна (внутрішня) 2050,0 мм. Ширина платформи (внутрішня) 1250,0 мм. Кількість осей - 1. Колеса зовні від платформи. Гальмівної системи немає. Рама розбірна. Дишло V подібне, з гнутого профілю. Номінальне навантаження на вісь, 900,0 кг. Тип підвіски ресори. Борти 400,0 мм, знімаються. Борти з фанеривологостійкої ламінованої. Підлога так само. Зчіпний пристрій 750,0 кг, на шар 50,0 мм, сталь звісно ж оцинкована, AL-KO. . Світлотехніка лампи розжарювання 12,0 В. Електрокабель маслобензостійкий, 7x0,75+1x1 мм. . Крила Пластикові, AL-KO . Колеса 165,0-175 R13,0 . Вісь Кругла труба 57,0x3, 5 мм. Маточина 98,0x4,0 чавунна, AL-KO . Підшипники на колесах дворядні кулькові із захистом, AL-KO . Ціна 44500 грн.



Рисунок 1.1 - Причіп для легкового автомобіля ЛЮБАРТ V0-2113  
оцинкованими бортами

Модель ВМЗ – 8291 виробництва ВАТ «Молот» – майже двійник попереднього причепа. Мініатюрні пружини, вузькі та маленькі колеса,

мотоциклетна світлотехніка. Відкривається тільки задній борт: брус та дошки вже не зануриш.

Причіп легковий одновісний Дніпро – 150. Довжина, мм :1500. Ширина, мм: 1300. Висота борту: 350 мм. На замовлення можна зробити борт 40, 50 см. Німецька ресора: Ал-Ко або Волга, маточина під колеса Жигулі ВАЗ-2108, дворядний підшипник закритого типу. Знімне пряме дишло. Вісь-57 труба. Фарбування рами: ґрунтовка + емаль. Борта – порошкова. Ціна 17400 грн.



Рисунок 1.2 - Причіп для легкового автомобіля Дніпро – 150.

Причепи вантажопідйомністю від 300 до 500 кг. Вказані характеристики і конструктивні особливості дійсно допомагають забезпечити більш широкий спектр використання таких причепів. Ось деякі коментарі щодо наведеної інформації:

Кузов та матеріали: Суцільнометалевий кузов або фанерна підлога забезпечують міцну і надійну конструкцію причепа. Тент додатково захищає вантаж від погодних умов і забезпечує його конфіденційність. Наявність винесених за борти коліс сприяє зручності завантаження та розвантаження.

Ступиці та запасне колесо: Використання відомих ступиць, таких як "жигулівські" з двома конічними підшипниками, забезпечує надійну роботу причепа. Необов'язковість запасного колеса може залежати від виробника і моделі причепа.

Підвіски: Застосування різних типів пружних елементів (пружини, ресори, резиножгутова схема) дозволяє вибрати підвіску, яка найкраще відповідає потребам та умовам експлуатації. Резиножгутова підвіска має свої

переваги, такі як незалежність підвіски коліс, компактність і зменшення безпружинних мас.

Надійність та ціна: Довговічність та надійність причепа залежить від якості матеріалів та конструкції. Використання якісних імпорتنних вузлів може покращити надійність причепа, але може також підвищити його вартість.

Враховуючи всі ці фактори, важливо вибрати причіп, який відповідає вашим потребам та здатностям експлуатації. Перед придбанням рекомендується провести детальне дослідження різних моделей і консультиватись з фахівцями, щоб забезпечити безпечну та ефективну експлуатацію причепа.

різні моделі причепів з вантажопідйомністю від 320 до 500 кг. Описані особливості різних модифікацій причепів вказують на їх різні характеристики та варіації.

Оцинковані кузови причепів мають перевагу у міцності та стійкості до корозії, але їхня вартість може бути вищою порівняно з фарбованими варіантами. Вибір низького або високого намету залежить від потреб і вимог покупця.

Різні типи підвіски, такі як резиножгутова, з амортизаторами та ресорами, надають можливість вибрати підвіску, що найкраще підходить для конкретних умов експлуатації.

Згадані вузли, такі як ступиці від ВАЗ-2108 і ліхтарі від УАЗу, можуть полегшити обслуговування та заміну запчастин, оскільки вони широко доступні на ринку.

Хоча деякі причепа можуть мати деякі недоліки, які згадані, вони все ж залишаються привабливими варіантами з вантажопідйомністю та місткістю за прийнятну ціну.

Перед придбанням причепа варто вивчити різні моделі, порівняти їх характеристики та конструкцію, а також обговорити потреби з фахівцями, щоб знайти найкращий варіант, який задовольнить ваші потреби та вимоги.

різні моделі причепів з вантажопідйомністю від 320 до 500 кг. Описані характеристики та особливості дозволяють краще розуміти різницю між моделями та їх переваги. Ось кілька коментарів щодо наведених даних:

**Оцинковані кузови:** Використання оцинкованого покриття на кузові причепа допомагає запобігти іржі та забезпечити тривалий термін служби. Хоча це може збільшити вартість причепа, це добре інвестовані кошти у майбутнє.

**Висота тенту та бортів:** Можливість вибору між низьким і високим наметом дозволяє адаптувати причіп до різних видів вантажу та умов перевезення. Різні варіанти також забезпечують більшу гнучкість в експлуатації.

**Підвіски:** Наявність різних типів підвіски, таких як резиножгутова, на базі амортизаторів та ресор, дозволяє вибрати ту, яка найкраще підходить для певних умов та вимог. Це дозволяє забезпечити кращу стабільність та комфорт під час перевезення.

**Ліхтарі та запчастини:** Наявність доступних запчастин і ліхтарів на ринку є важливим фактором, оскільки вони можуть знадобитись для обслуговування та ремонту причепа в майбутньому. Забезпечення легкості доступу до запчастин може значно спростити обслуговування.

**Розмір та компактність:** Розмір причепа, його складність та компактність можуть бути важливими факторами, особливо для зберігання і транспортування в міжсезоння. Врахуйте це при виборі моделі.

**Вантажопідйомність та місткість:** При виборі причепа важливо враховувати його вантажопідйомність і місткість, щоб він задовольняв вашим потребам у перевезенні різних вантажів.

Нарешті, важливо враховувати свої власні потреби, умови експлуатації та бюджет при виборі причепа. Проведіть ретельне порівняльне дослідження різних моделей, консультуйтеся з фахівцями і виберіть той причіп, який найкраще підходить для ваших потреб і забезпечує безпеку та задоволення від використання.





Рисунок 1.3 - Причіп для легкового автомобіля " ПГМФ -8232".

Двохвісні причепа "Трейлер-8298,0" вантажопідйомністю від 955,0 до 1020,0 кг за конструкцією кузова, підвіски та різноманітності модифікацій аналогічні "трейлерам" середньої групи (8294,0). Великі розміри та вантажопідйомність допоможуть професіоналам окупити дорогу купівлю.

Обґрунтування вибору ефективного причепа для конкретних потреб може включати кілька факторів. Ось декілька основних обґрунтувань, які можна враховувати:

**Вантажні потреби:** Визначте тип вантажу, який вам потрібно перевозити, а також вантажопідйомність та обсяг, що потрібні для ефективного виконання завдання. Врахуйте масу, габарити та інші характеристики вантажу.

**Функціональність:** Розгляньте функціональні можливості причепа, такі як наявність бокових дверей, розкладних платформ, кріплення для вантажу та інші функціональні особливості, які можуть бути важливими для вашої діяльності.

**Безпека:** Приділяйте увагу безпеці при виборі причепа. Переконайтеся, що причіп має відповідні системи гальмування, освітлення та інші безпечні характеристики. Досліджуйте рейтинги безпеки та відгуки про виробника та модель причепа.

**Доступність та ціна:** Врахуйте доступність причепа на ринку та його вартість. Порівняйте різні виробники та моделі, а також розгляньте додаткові витрати, такі як обслуговування, запасні частини та страхування.

**Репутація виробника:** Дослідіть репутацію виробника причепа. Розгляньте тривалість його існування на ринку, якість його продукції, гарантійні умови та рівень обслуговування після продажу.

**Відгуки користувачів:** Прочитайте відгуки та думки користувачів про конкретну модель причепа. Це може дати вам цінну інформацію про переваги та недоліки виробка, а також про практичний досвід користувачів.

**Зручність в експлуатації:** Розгляньте зручність використання та керування причепом. Важливо, щоб він відповідав вашим навичкам та здатностям, а також мав зручні розміри та функції для забезпечення комфортного використання.

Кожен вибір ефективного причепа є індивідуальним і залежить від конкретних потреб та умов користувача. Порекомендовано ретельно вивчити характеристики, перевірити відгуки та, можливо, звернутися до фахівців або дилерів, щоб отримати консультацію перед прийняттям рішення.

### **1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи**

Підвіска причепа є важливим елементом, який впливає на стабільність перевезення вантажу. Використання аналогічних підвісок, які встановлюються на легкових автомобілях, дозволяє використовувати спільні запчастини для обслуговування та ремонту.

Однак, з огляду на конкуренцію на ринку та потреби споживачів, виробники можуть вносити зміни в конструкцію підвіски, спрощуючи окремі вузли або збільшуючи надійність. Це може призвести до використання спеціальних підвісок, які не є стандартними на автомобілях загалом, включаючи легкові автомобілі.

З цими спеціалізованими підвісками можуть використовуватися окремі деталі з підвіски автомобіля, які не зазнали значного зношування. Це може бути вигідно з точки зору запасних частин та економії коштів на ремонті.

Враховуючи ці фактори, важливо звернути увагу на конструкцію та характеристики підвіски певного причепа при його виборі, а також наявність запчастин та можливості ремонту в разі необхідності. Рекомендую звернутися до фахівців або виробників причепів для отримання більш детальної інформації про конкретні моделі та їх підвіски.

Отже можна стверджувати, що обґрунтування техніко-економічних показників підвіски автомобільного причепа зменшеної металоємності є актуальним на сьогоднішній день питанням.

Метою роботи є – обґрунтування розробки підвіски причепа автомобіля зменшеної металоємності

Об'єкт дослідження – металоємність і ефективність підвісок причепів легкових автомобілів.

Предмет дослідження – підвіски причепів легкових автомобілів

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Визначити найбільш популярні автомобільні причепа та їх виробників на ринку України.
2. Провести аналіз специфіки будови та роботи підвісок причепів зменшеної металоємності автотранспортної техніки.
3. Провести техніко-економічний аналіз підвісок причепів легкових автомобілів автотранспортної техніки.
4. Обґрунтувати ефективну конструкцію підвіски причепа зменшеної металоємності.

## 2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПІДВІСКИ. ПРОПОЗИЦІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ.

### 2.1 Вибір причепа для модернізації підвіски

Одновісний причіп легковий причіп оцинкований ПГМФ 8232 оснащений кузовом та днищем з металу та тентом із тканини «ТЕЗА». Загальний вид причепа " ПГМФ -8232" наведено на рисунку 2.1.

Таке додаткове обладнання, як тент, дуги, противідкатні упори та колеса, робить цей причіп більш універсальним та зручним у використанні. Основні характеристики, які ви навели, вказують на те, що причіп розрахований на буксирування різними типами легкових автомобілів, які мають тягово-зчіпні пристрої кульового типу та штепсельну розетку для підключення електроустаткування причепа.

Наявність передніх і задніх бортів, які відкриваються, дозволяє зручно завантажувати та розвантажувати вантаж з причепа. Замковий пристрій на дишлі та страхувальні троси для з'єднання з буксирним пристроєм автомобіля забезпечують безпеку та надійне кріплення причепа під час руху.

Що стосується маси додаткового обладнання, яка складає 10 кг, це важливо враховувати при визначенні загальної маси перевезеного вантажу та дотриманні вагових обмежень.

Наявність винесених за борти коліс дає можливість зручно зберігати причіп в гаражі, оскільки ви можете здвинути його в бік, щоб звільнити простір.

Загалом, ці характеристики роблять цей причіп більш універсальним, зручним у використанні та зберіганні. Рекомендую перед використанням причепа ознайомитися з інструкцією виробника для правильного та безпечного використання.

Дишло це А-подібний важіль, закріплений на передній стороні рами причепа. На дишлі знаходяться вузол зчипки, страхувальні троси, складна підставка (у деяких причепів).

Вузол зчипки служить для з'єднання причепа з тягово-зчипним пристроєм автомобіля (ТСУ). Для ТСУ кульового типу вузол зчипки складається з "чашки", що одягається на зчипну кулю, і запірного механізму, що фіксується важелем і утримує вузол на кулі. Деякі конструкції вузла зчипки мають індикатор зношування та механізм регулювання зазору між "чашкою" і зчипною кулею.

Страхувальні троси (ланцюги) запобігають повному роз'єднанню причепа та автомобіля у разі розчеплення вузла зчипки. Фіксуються у спеціальних страхових петлях ТСУ. Експлуатація причепа без тросів (ланцюгів) не допускається.

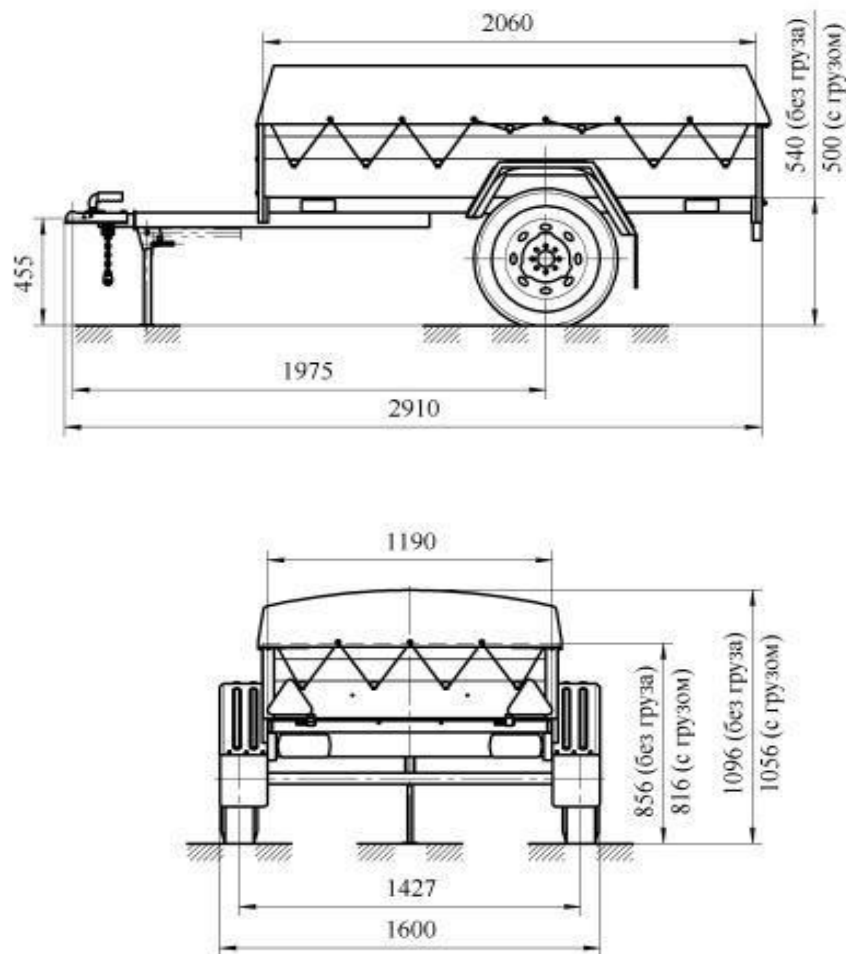


Рисунок 2.1 – Загальний вид причепа «ПГМФ -8232»

Складна підставка служить для зручності завантаження та розвантаження причепа, від'єданого від автомобіля, дозволяючи утримувати його у горизонтальному положенні. Для полегшення стикування причепа з ТСУ підставка іноді оснащується невеликим колесом. На дишлі може розміщуватися запасне колесо причепа.

Підвіска-пружинна залежна відрізняється від ресорної тим, що як пружні елементи використовуються циліндричні пружини, а балка кріпиться до кузова двома поздовжніми і однією поперечною тягами. Аналогічна задній підвісці задньопривідних автомобілів ВАЗ.

Ступиці коліс причепа, аналогічні маточинам легкового автомобіля (. На колеса причепів монтуються зазвичай камерні шини, для яких встановлені норми залишкової висоти малюнка протектора шин, аналогічні нормам для шин автомобілів-тягачів (відповідно 1,6 мм для легкових автомобілів). Не допускається встановлення на одну вісь причепа діагональних шин разом із радіальними, а також шин із різним малюнком протектора.

Необхідний тиск у шинах при різному рівні завантаження причепа іноді вказується в посібнику з експлуатації останнього.

Причіп " ПГМФ -8232" оснащується приладами світлової сигналізації. До обов'язкових приладів належать:

- два задніх покажчика повороту оранжевого кольору;
- два задніх стоп-сигнали червоного кольору;
- два задніх габаритних ліхтарі червоного кольору;
- ліхтар освітлення номерний знак білого кольору;
- один або два задні протитуманні ліхтарі червоного кольору;
- два задніх трикутних світлоповертачі червоного кольору (вершини трикутників повинні бути спрямовані вгору);
- два передні нетрикутні світлоповертачі білого кольору;
- два бічні нетрикутні світлоповертачі помаранчевого кольору.

Живлення електроприладів здійснюється від автомобіля через розетку на ТСУ.

Для буксирування причепа автомобіль-тягач має бути оснащений спеціальним тягово-зчіпним пристроєм (ТЗП) та штепсельною розеткою для живлення електроустаткування причепа. Існують два основні типи ТЗП:

- Петля-скоба з фіксатором. Складається зі скоби, в яку втягується кільце, закріплене на вузлі зчеплення причепа і пальця, що фіксує кільце в скобі. Широко поширена на вантажних автомобілях та автомобілях з підвищеною прохідністю;

- Безазорна кульова ТЗП. Складається із зчіпної кулі діаметром 50 мм, (міжнародний стандарт ІСО-1103-76) та металевої конструкції, за допомогою якої ТСУ жорстко кріпиться до задньої частини кузова автомобіля.

Існують розбірні конструкції ТЗП, що дозволяють знімати гачок зі зчіпною кулею.

Штепсельна розетка закріплюється на спеціальному кронштейні ТСУ. Вона підключається до відповідних дротів заднього джгута проводки автомобіля (у багажнику поблизу ліхтарів заднього ходу). Кольори проводів джгута, що йдуть до відповідних ліхтарів, вказуються у схемі електроустаткування автомобіля. Якщо причіп ширший за тягач і закриває огляд через штатні дзеркала заднього виду, то на автомобілі з обох боків повинні бути встановлені дзеркала заднього виду на подовжених кронштейнах. Причіп має бути укомплектований двома противідкатними упорами для встановлення під колеса під час зупинки на схилах.

## **2.2 Підвіски, що застосовуються у причепах для легкових автомобілів.**

причепи для легкових автомобілів мають підвіски, які забезпечують згладжування динамічних впливів від дороги на вантаж і коливання причепа під час перевезення. Конструкція підвіски є важливим фактором у збереженні вантажу та впливає на якість їзди тягача.

У багатьох випадках причепа для легкових автомобілів використовують аналогічні підвіски, що встановлюються на самі легкові автомобілі. Це дозволяє використовувати однакові запчастини для ремонту підвіски автомобіля та причепа і, в певних ситуаціях, використовувати запчастини підвіски автомобіля для ремонту підвіски причепа, якщо вони не вичерпали свій ресурс.

Однак, у зв'язку з конкурентною боротьбою та зусиллями знизити вартість причепів, деякі виробники можуть спрощувати конструкцію окремих вузлів або зосереджуватися на підвищенні надійності цих вузлів. Це може призвести до появи нових типів підвісок, які не використовуються на легкових автомобілях загалом, включаючи легкові автомобілі.

Загалом, розуміння конструкції та властивостей підвіски причепа є важливим для безпечного та ефективного використання причепа під час перевезення різноманітних вантажів. Рекомендується завжди дотримуватися рекомендацій виробника та використовувати правильні запчастини та обслуговувати підвіску причепа відповідно до вимог. Пружини можна розділити на три основні групи: металеві пружини, пневматичні ресори, гумові пружини.

Металеві та пневматичні пружини частіше використовуються в якості основних пружин.

Гумові пружини більше не використовуються в легкових автомобілях в якості основних, але все ще встановлюються в причепах.

Металеві пружини (рис. 2.2) виготовлені з металевого сплаву. Найбільш поширеними металевими пружинами є: листові пружини, циліндрична пружина, торсіонна пружина.

Циліндрична пружина найчастіше використовується в автомобілях.





Рисунок 2.2 – Металеві елементи

Листова ресора. Листова пружина (рис. 2.3) іноді використовується в автомобілях для задньої осі. Перевага листової пружини полягає в тому, що вона може витримувати повздовжні і поперечні сили. Недоліком листової пружини є те, що вона дуже важка і в ній можуть утворюватися тріщини.

Це відбувається через те, що листи труться один об одний під час стиснення і розжимання.

Листова пружина має один корінний лист і часто має кілька ведених листів, виготовлених з пружинної сталі. Листи пов'язані один з одним кронштейном ресори. Центральний болт ресори об'єднує всі пружинні листи в один. Пружинний лист з'єднаний з віссю за допомогою двох и-подібних болтів і пружинної пластини.

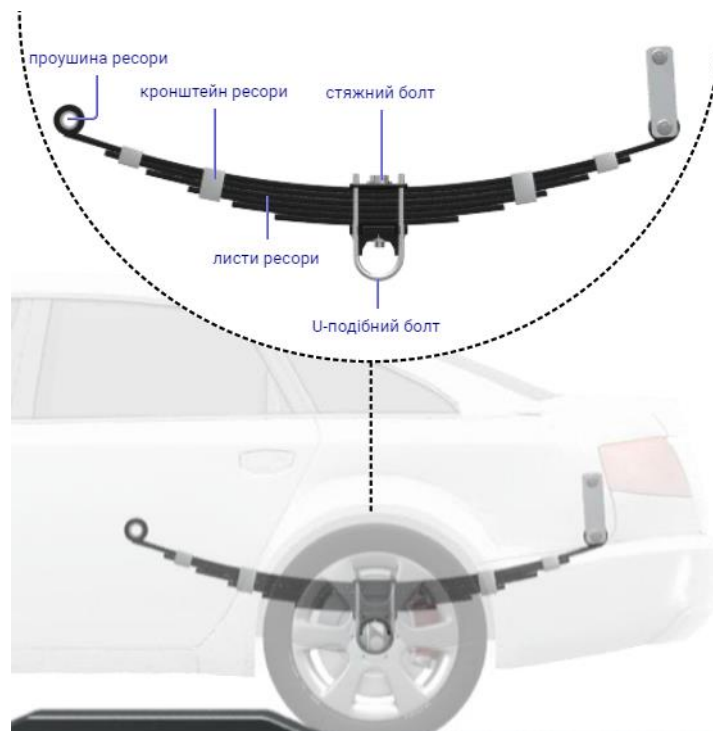


Рисунок 2.3 – Листова пружина (ресора)

Основний лист кріпиться до шасі двома проушинами ресори. Основна проушина ресори кріпиться до шасі, а інша проушина має плаваючу підвіску на шасі. Це необхідно для можливості зміни довжини під час циклів стиснення і розжимання. З цією ж метою часто використовується ресорна втулка (сережка).

Вита спіральна пружина. Циліндричні пружини (рис. 2.4) часто використовуються в легкових автомобілях. Циліндрична пружина має наступні переваги: малу вагу, не потребує сервісного обслуговування, компактність.

Оскільки циліндрична пружина займає мало місця, амортизатор встановлюється всередині пружини. Вузол, що складається з амортизатора і пружини називається амортизаційною стійкою.

Оскільки циліндрична пружина не може сприймати повздовжні і поперечні сили, виникає необхідність використовувати реактивні важелі.



Рисунок 2.5 – Циліндрична пружина

Торсіонна пружина (рис. 2.6). В автомобілях встановлюються торсіонні пружини, які можна побачити на задній осі. Торсіонна пружина має такі переваги: малу вагу, компактна.

У торсіонної пружини один кінець стержня кріпиться до кузова, а інший - до радіальної штанги. Торсіонна пружина може бути встановлена повздовжньо і поперечно.

Пневматичні пружні елементи. Усередині пневматичних пружних елементів знаходяться стиснуті гази. Найбільш поширеними пневматичними пружні елементи є: гідропневматичні пружні елементи, пневмоподушки.

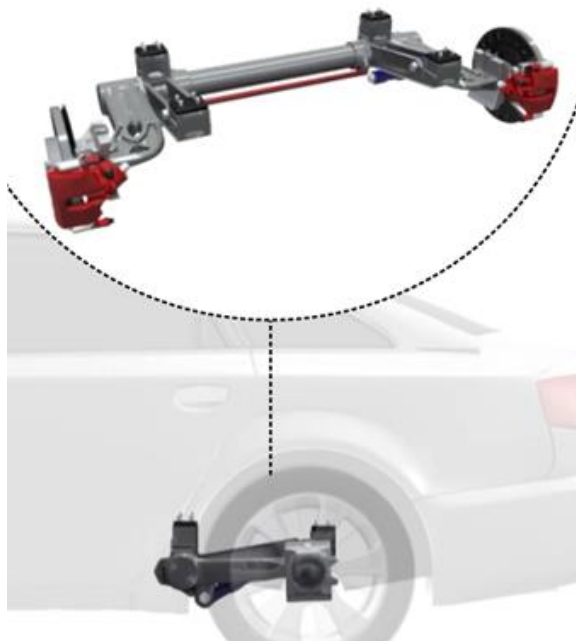


Рисунок 2.6 – Торсіона пружина

Гідропневматичні пружні елементи (рис. 2.7) іноді використовуються в легкових автомобілях. На кожному колесі елемент пружини розташований між радіальною штангою і корпусом.

Гідропневматичні пружні елементи використовують рідину і газ (азот). Газ є пружний елемент, а рідина регулює передачу сил.

Переваги гідропневматичних пружних елементів: збільшення комфорту і регулювання по висоті.

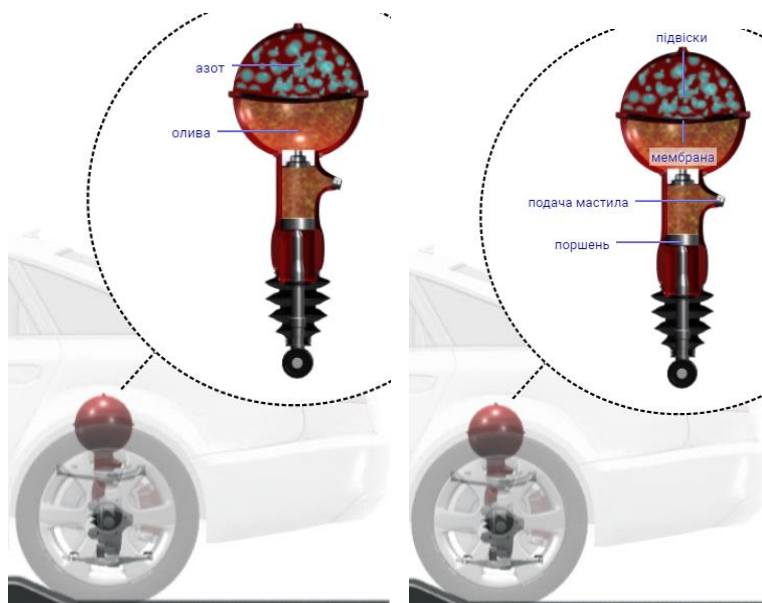


Рисунок 2.7 – Гідропневматичні пружні елементи

Пружинний елемент містить рідину і азот, які розділені мембраною. Коли радіальна штанга переміщається вгору, поршень також переміщається вгору. Поршень тисне на рідину, яка стискає азот через мембрану. Азот забезпечує пружну дію.

Зміна кількості рідини в елементі пружного елементу дозволяє відрегулювати висоту кузова.

Пневматична підвіска (рис. 2.8). У легкових автомобілях з пневматичною подушкою встановлюються пневмоподушки, які працюють за рахунок стискання повітря. На кожному колесі розташовані пружинні сільфони. Пневмоподушки мають наступні переваги: підвищують комфорт, регулюють висоту підвіски, займають мало місця. Пружинні сільфони розташовані між кузовом і віссю. Зміна тиску повітря в пружинних сільфонах дозволяють регулювати висоту кузова.

Недоліком пневмоподушок є те, що вони не можуть витримувати поздовжні і поперечні сили.

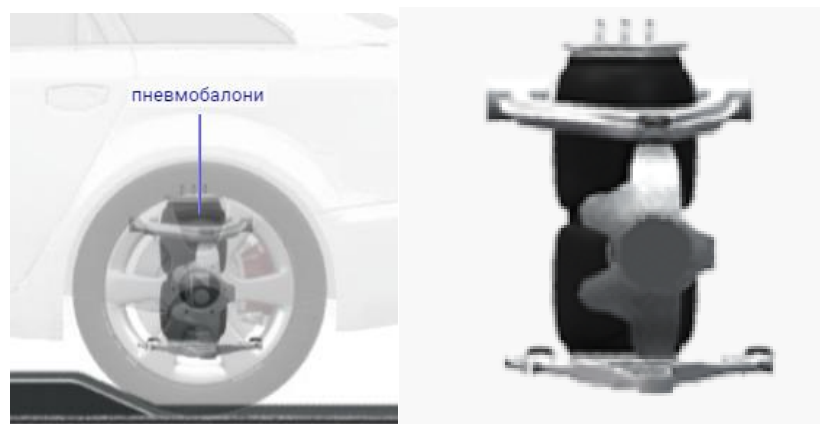


Рисунок 2.8 – Пневматичні пружні елементи

Різні типи підвіски використовуються на причепах для легкових автомобілів. Ресорна залежна підвіска і пружинна залежна підвіска є двома поширеними типами підвісок, які використовуються в цих причепах.

Ресорна залежна підвіска, яка використовується на деяких причепах, подібна до задньої підвіски автомобілів ГАЗ, АЗЛК та ІЖ. У цій підвісці ресори виконують функцію як пружного, так і напрямного елементів. Її переваги включають надійність і меншу потребу в обслуговуванні. Однак,

маються й недоліки, такі як міжлистова тертя, передчасний знос ресор та нечутливість до дрібних нерівностей дороги.

Пружинна залежна підвіска, яка також застосовується на причепах, використовує пружини як пружний елемент і поздовжні та поперечні реактивні тяги як напрямний елемент. Вона проста у виготовленні, але вимагає більшого обслуговування через необхідність заміни гумових елементів у шарнірах.

Також, існує важільно-пружинна незалежна підвіска, яка використовується на деяких причепах для легкових автомобілів. Вона включає важелі, циліндричні пружини та гідравлічні амортизатори. Ця підвіска має більші робочі ходи пружинних елементів і забезпечує високу плавність ходу.

Торсійна підвіска є ще одним типом підвіски, який доцільно використовувати на причепах для легкових автомобілів. У цьому випадку, пружним елементом виступає складний торсійний вал.

Вибір підвіски залежить від вимог до характеристик причепа, таких як навантаження, плавність ходу, комфорт, вартість та обслуговування. Різні типи підвіски мають свої переваги та обмеження, і виробники обирають той тип, який найкраще відповідає вимогам та бюджету причепа для легкового автомобіля.

Торсіонна підвіска використовує пружні металеві елементи, які працюють на кручення (торсіони), для забезпечення необхідного робочого ходу підвіски. Один кінець торсіону зафіксований на кузові, а до іншого кріпиться маятниковий важіль зі маточкою, з'єднаний з кузовом через амортизатор.

Торсіонна підвіска має декілька переваг порівняно з іншими типами підвіски. Вона дозволяє знизити безпружинні маси причепа, що забезпечує комфортне перевезення вантажів. Також вона займає менше простору між віссю та рамою причепа, що може бути важливим фактором. Крім того, торсіонна підвіска не вимагає значних витрат на технічне обслуговування або має дуже обмежені витрати.

За конструктивним рішенням, торсіонна підвіска схожа на передню підвіску автомобіля ЗАЗ-968, що дає уявлення про її зовнішній вигляд і принцип роботи.

Загалом, торсіонна незалежна підвіска є популярним варіантом для причепів, оскільки вона поєднує в собі комфорт, ефективність та низькі витрати на обслуговування. Також на причепах для легкових авто часто використовують видозмінені торсійні підвіски – резиножгутову підвіску.

Схема резиножгутової підвіски причепа є на рис. 2.9.

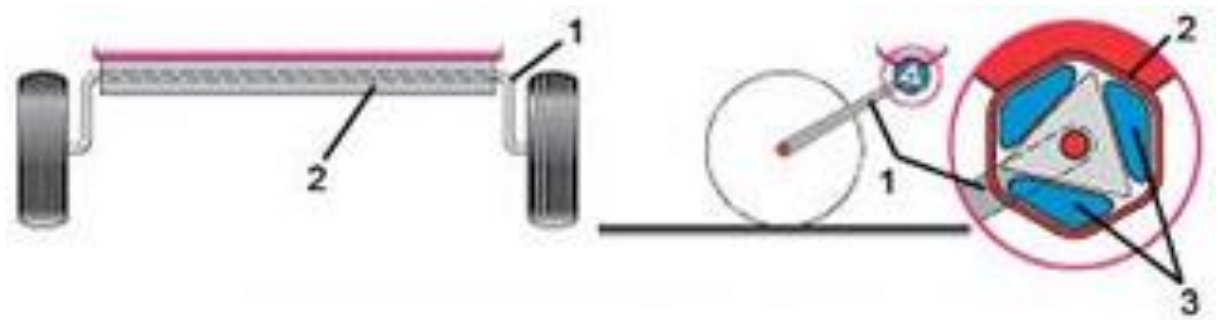


Рисунок 2.9 – Схема резиножгутової підвіски причепа: 1 – поздовжній важіль, 2 зовнішня труба, 3 – гумові джгути.

Гумоножгутова підвіска використовує гумометалевий пристрій, у якому гумові пружні елементи працюють на стиск, для забезпечення пружної дії підвіски. Цей пристрій складається з двох труб з гумовими джгутами між ними, які стискаються при взаємному повороті труб.

Гумоножгутова підвіска є популярним варіантом для причепів у категорії вагової категорії від 700 до 2500 кг. Вона здатна виконувати дві важливі функції: пружинування та направлення коліс. Це означає, що підвіска не потребує додаткових підшипників і може бути більш економічною в виготовленні та обслуговуванні, оскільки вона не вимагає мастила та спеціального догляду.

Наразі гумоножгутова підвіска отримала основне застосування у європейських країнах, і це свідчить про її ефективність та популярність. Вона є ще одним варіантом підвіски для причепів, який забезпечує комфорт та надійність перевезень.

Гумоножгутова підвіска має свої недоліки, які варто враховувати. Один з них - невеликий хід, тобто короткий робочий хід підвіски. Це означає, що гумоножгутова підвіска може бути менш ефективною у поглинанні великих ударів або нерівностей дороги.

Ще одним недоліком є проблема виготовлення профільованих труб для гумоножгутової підвіски. Вони вимагають спеціалізованих підприємств з великими можливостями, що може бути складно для вітчизняних виробників причепів. Тому вони часто використовують гумоножгутові підвіски, вироблені підприємствами Західної Європи.

Незважаючи на це, резиноджгутова підвіска має свої переваги. До них належить висока питома енергоємність, яка дозволяє уникнути застосування амортизаторів. Крім того, гумові джгути мають високу довговічність і можуть працювати тривалий час, не втрачаючи своїх властивостей. Це робить гумоджгутову підвіску довговічною та малозатратною на обслуговування.

Отже, резиноджгутова підвіска має свої переваги та недоліки, і її використання залежить від конкретних потреб, умов експлуатації та можливостей виробника.

### **2.3 Опис підвіски причепа виробництва фірми Автостен "ПГМФ - 8232"**

Причіп для легкових автомобілів «ПГМФ -8232» як і інших схожих, оснащений підвіскою класичного компонування. Конструкція підвіски є рисунку 2.7.

Пружним елементом підвіски є дві циліндричні пружини 12, навиті з прутка круглого перерізу діаметром 11мм. Матеріал прутка пружин - високовуглецева сталь 60С2А. Більше половини довжини кожного з крайніх витків пружин підібгані до робочих витків, формуючи опорні витки. Опорними витками пружини спираються на опорні чашки, приварені до рами

та балки осі причепа. У кожній опорній чашці виконано кільце висотою, що дорівнює висоті опорного витка пружини і діаметром дещо меншим її внутрішнього діаметра. Це кільце служить для центрування кожної пружини в чашці та забезпечує центральне сприйняття кожною пружиною динамічних дій від дороги.

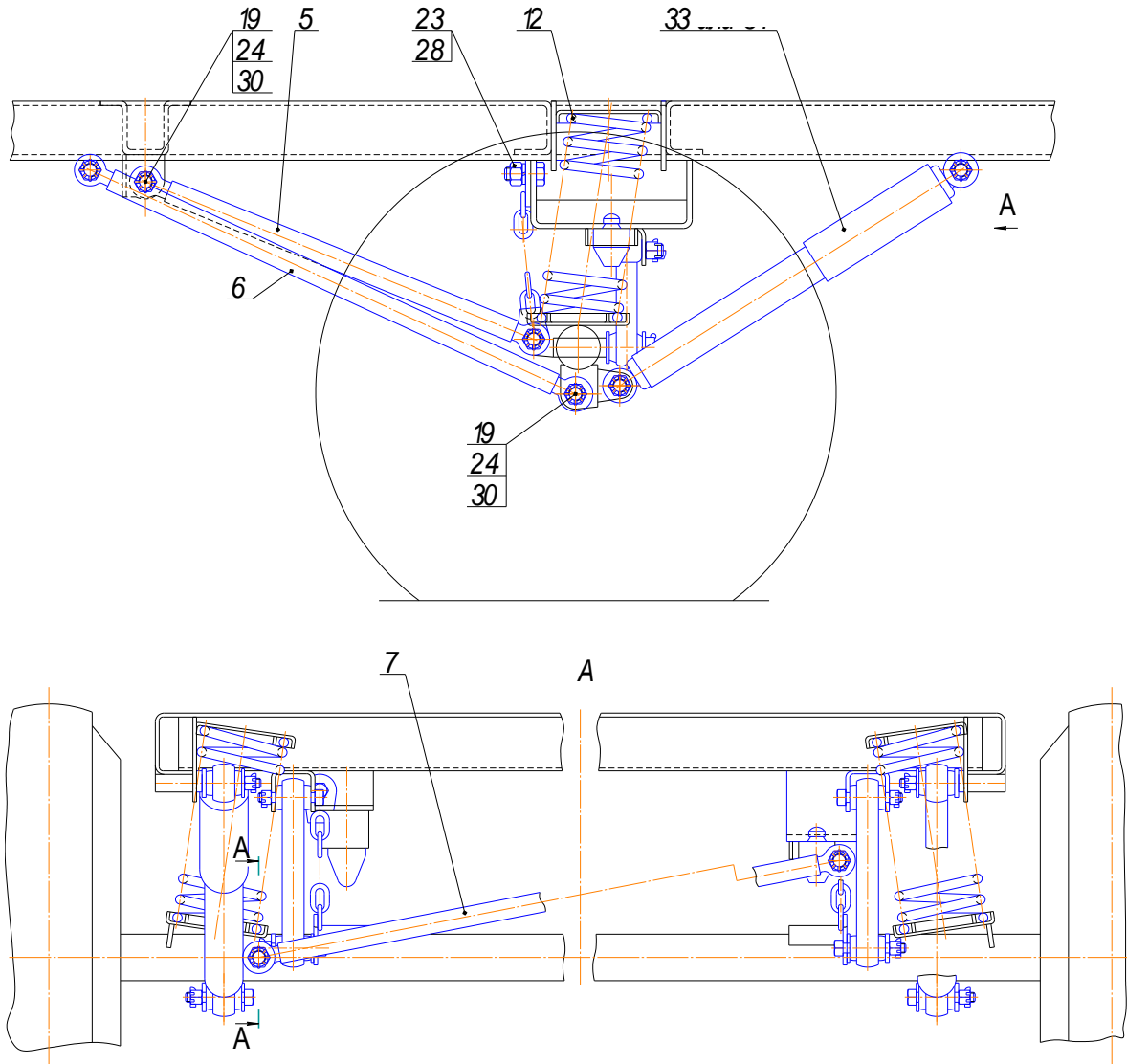


Рисунок 2.7 – Підвіска причепа «ПГМФ – 8232»

Система з ланцюгами, що обмежують величину ходу відбою пружин у гумоножгутовій підвісці, є заходом безпеки, щоб запобігти вилітанню пружин зі свого місця під час різких рухів або ударів. Ланцюжки зв'язують раму причепа і балку осі, утримуючи пружини підвіски в їхніх місцях.

Довжина ланцюжків підібрана таким чином, щоб при натягнутих ланцюжках пружини підвіски були деформовані і створювали зусилля натягу



ланцюжків. Це зусилля натягу приблизно 10 кг допомагає утримувати пружини на місці та забезпечує безпеку під час руху.

Такий механізм з ланцюжками є простим, ефективним та надійним способом контролювання ходу відбою пружин у гумоджгутовій підвісці. Він дозволяє підтримувати стабільну роботу підвіски та забезпечувати безпеку під час її експлуатації.

Гумовий буфер, який служить верхнім обмежувачем ходу пружин, має спеціальну форму, що забезпечує прогресивну пружну характеристику. Це означає, що при збільшенні деформації буфера сила його пружного опору зростає не лінійно, а за законом геометричної прогресії. Така характеристика дозволяє збільшити жорсткість підвіски в зоні динамічних ходів і краще амортизувати удари на нерівностях дороги.

У підвісці також присутні реактивні тяги, які виконують функцію передачі зусиль у двох взаємно перпендикулярних напрямках: поздовжньому і поперечному. Поздовжні тяги передають поздовжні тягові і гальмівні зусилля від рами до балки осі причепа, а поперечна тяга передає бічні зусилля.

Кінці кожної тяги мають механічно оброблені отвори, до яких приварені відповідні пальці на рамі або балці осі. З'єднання здійснюється за допомогою гумових втулок, які діють як сайлент-блоки. Гумові втулки гасять динамічні удари, що передаються тягою на кузов причепа. Однак, гумові втулки під впливом середовища з часом зношуються і потребують заміни.

Таким чином, одним з недоліків пружинної незалежної підвіски є необхідність заміни гумових втулок сайлент-блоків через їх зношування внаслідок динамічних ударів. Однак, загалом пружинна незалежна підвіска має свої переваги у забезпеченні кращої амортизації і контролю ходу причепа.

Типова конструкція сайлент-блока причепа показана на рисунку 2.8.

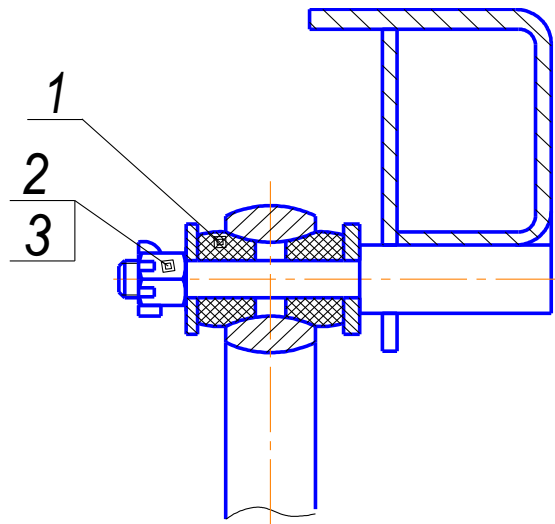


Рисунок 2.8 – Конструкція сайлент-блоку причепа «ПГМФ -8232»

З'єднання поздовжніх тяг з рамою і балкою осі причепа відрізняється тим, що дві тяги кріпляться до балки зверху, а одна знизу. Це розташування шарнірів тяг створює трапецію, коли їх осі з'єднані прямими лініями. Таке кріплення необхідне для того, щоб при ходах балки осі вгору або вниз вона здійснювала обертання навколо своєї осі з таким кутом, при якому пружини зберігали своє положення і забезпечували центральну передачу вертикальних зусиль від дороги на раму причепа. Ця функція реактивних тяг є напрямною.

Для гасіння коливань використовуються гідравлічні амортизатори 33. Вони мають телескопічну конструкцію та працюють двосторонньо. Амортизатори також кріпляться до кузова і балки осі причепа за допомогою сайлент-блоків. Гумові ущільнення амортизаторів з часом можуть зноситися або витікати амортизаторну рідину, тому вони потребують періодичного огляду та заміни.

Отже, гумові сайлент-блоки відповідають за кріплення реактивних тяг і амортизаторів, а також за гасіння динамічних ударів і коливань. Вони піддаються зношуванню і потребують технічного обслуговування та заміни залежно від їх стану.

## 2.4 Пропозиції щодо удосконалення конструкції підвіски причепа «ПГМФ -8232»

Торсіонна підвіска є альтернативою пружинній підвісці і може мати свої переваги в певних випадках. Вона широко застосовується на транспортних засобах, де не вимагається висока плавність ходу. Наприклад, вона часто використовується на військовій техніці, такій як танки і гармати, де головними вимогами є надійність та стійкість.

Деякі легкові автомобілі також використовують торсіонну підвіску, особливо в минулому. Наприклад, моделі, такі як Фольксваген "Жук", деякі моделі "Рено", "Пежо" та "Сітроен", використовували торсіонну підвіску. В Україні торсійна підвіска застосовувалася на передніх колесах автомобіля ЗАЗ-968.

Торсіонна підвіска має свої переваги, зокрема можливість зниження висоти транспортного засобу без необхідності зміни висоти пружини. Однак, вона також має свої недоліки і обмеження. Кожен тип підвіски має свої характеристики, і вибір між пружинною та торсіонною підвіскою залежить від конкретних вимог і умов експлуатації транспортного засобу.

Торсіонна підвіска є одним з типів підвіски, що використовується у деяких причепах легкових автомобілів. Вона працює на основі принципу використання торсійних пружин або торсійних валиків для амортизації та підтримки причепа.

Основними компонентами торсіонної підвіски є торсійні пружини або валики, які розташовані поблизу осей коліс причепа. Ці пружини або валики вигинаються при навантаженні, забезпечуючи амортизацію і рівномірне розподілення навантаження на колеса.

Основні переваги торсіонної підвіски причепа легкових автомобілів включають:

**Компактність:** Торсіонна підвіска зазвичай має компактну конструкцію, що забезпечує більше простору для вантажу в причепі.

Незалежна робота: Кожне колесо причепа може мати свою торсійну пружину або валик, що забезпечує незалежну роботу підвіски. Це дозволяє краще адаптуватися до нерівностей дороги та забезпечує більшу стабільність.

Висока надійність: Торсіонна підвіска не має багатьох рухомих частин, що зменшує ризик поломок і забезпечує високу надійність у роботі.

Відмінна стійкість: Торсіонна підвіска може забезпечувати високий рівень стійкості та контролю під час руху, зокрема під час роботи на великій швидкості або при руху по поворотах.

Деякі додаткові переваги торсіонної підвіски, зокрема їх компактність і висока надійність.

Компактність торсіонної підвіски дійсно є важливою для передньопривідних автомобілів, оскільки вона не заважає підводити момент, що крутиться, до передніх приводних колес. Це дозволяє досягти кращої маневреності і керованості автомобіля.

Надійність торсіонної підвіски базується на досвіді експлуатації військової техніки та цивільних автомобілів. Торсіони рідше ламаються, навіть при використанні з перевантаженням, порівняно з традиційними пружинами або ресорами. Це робить торсіонну підвіску більш довговічною в екстремальних умовах експлуатації.

Однак, як виправдано зазначено, якщо торсіон прогинається або втрачає пружність, то кузов автомобіля може просідати, а підвіска стає жорсткою. Цьому можна запобігти, використовуючи механізм регулювання кута закручування торсіону для продовження терміну його служби.

У торсіонних підвісках можуть використовуватись різні види торсіонів, такі як суцільні торсіони круглого, квадратного або шестигранного перерізу, або набірні, складаються з декількох елементів. Набірні торсіони вважаються більш надійними і мають меншу жорсткість, ніж суцільні. Вони також мають коротшу довжину, що може бути важливим фактором в конструкції підвіски.

У загальному, вибір між торсіонною і пружинною підвіскою залежить від конкретних потреб, вимог і умов експлуатації транспортного засобу. Кожна

підвіска має свої переваги і обмеження, і варто враховувати ці фактори при виборі оптимального рішення.

Так, торсіонна підвіска з набірним торсіоном може бути ефективним шляхом для вітчизняних виробників причепів для підвищення надійності та якості їхніх виробів, зокрема причепів ПГМФ «-8232».

Встановлення такої підвіски дозволить знизити вантажну висоту причепа, що зменшить розташування центру тяжіння та поліпшить стійкість причепа на дорозі під час руху з високою швидкістю. Це може позитивно вплинути на керуваність та безпеку автомобільного поїзду.

Крім того, застосування торсіонної підвіски з набірним торсіоном дозволить зменшити металоємність причепа, що може знизити вагу та вартість виробу. Більш того, торсіонна підвіска зазвичай є менш вразливою до пошкоджень та має меншу кількість рухомих частин порівняно з пружинною підвіскою, що сприяє підвищенню надійності причепа.

Загалом, впровадження торсіонної підвіски з набірним торсіоном може мати позитивний вплив на якість та надійність причепів, а також покращити їхні технічні характеристики та експлуатаційні властивості.

## 3 УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПІДВІСКИ

### 3.1 Початкові дані для розробки торсіонної підвіски

Для розрахунку торсіонної підвіски легкового причепа, деякі з вихідних даних, які можуть бути необхідні, включають наступне:

**Вага причепа:** Це вага самого причепа без вантажу. Вага причепа визначається його конструкцією та матеріалами, з яких він виготовлений.

**Вага вантажу:** Якщо причіп використовується для перевезення вантажу, потрібно враховувати його вагу. Вага вантажу може бути статичною або динамічною, залежно від типу вантажу.

**Розташування вантажу:** Розташування вантажу на причепі також важливо враховувати. Наприклад, якщо вантаж знаходиться ближче до передньої частини причепа, це може вплинути на розподіл навантаження на торсіонні пружини.

**Кількість торсіонних пружин або валиків:** Кількість та тип торсіонних пружин або валиків, які використовуються у підвісці, також важливі для розрахунків.

**Параметри матеріалів:** Властивості матеріалів, з яких виготовлені торсіонні пружини або валики, такі як модуль пружності, можуть бути необхідні для розрахунків.

Ці вихідні дані можуть бути використані для проведення розрахунків, які включають визначення жорсткості торсіонних пружин, розподілу навантаження на причепі та аналізу поведінки під час руху.

Вихідні дані можуть бути отримані з технічної характеристики причепа «ПГМФ -8232», це:

- навантаження на вісь завантаженого причіпа -  $2R^{2P}$  ;
- навантаження на вісь спорядженого причіпа -  $2R^{CH}$  ;
- жорсткість пружинної підвіски причепа -  $c_n^{nP}$  ;

- максимальний вертикальний хід колеса причепа;  $f_{k \max}$
- Вертикальний хід колеса (деформація підвіски від вантажу) -  $f_{k0}$ .

З технічної характеристики ми знаємо що навантаження на вісь причепа становить  $2R^{2P} = 460,0 \text{ кг} = 4522,60 \text{ Н}$ , навантаження на кулю тягово-зчіпного пристрою  $R_{cu} = 40,0 \text{ кг} = 391,40 \text{ Н}$ .

Використовуючи такі дані і повну  $M^{2P}$  та споряджену  $M^{CH}$  вагу причепа, вага його вантажу, ми встановимо навантаження на вісь спорядженого причепа.

$$M^{2P} = 460 \text{ кг} = 4522,60 \text{ Н}; M^{CH} = 170,0 \text{ кг} = 1677,70 \text{ Н};$$

$$M = 330 \text{ кг} = 3247,30 \text{ Н} \quad (3.1)$$

Схему навантаження причепа з розмірами точок прикладання сил є на рисунку 3.1.

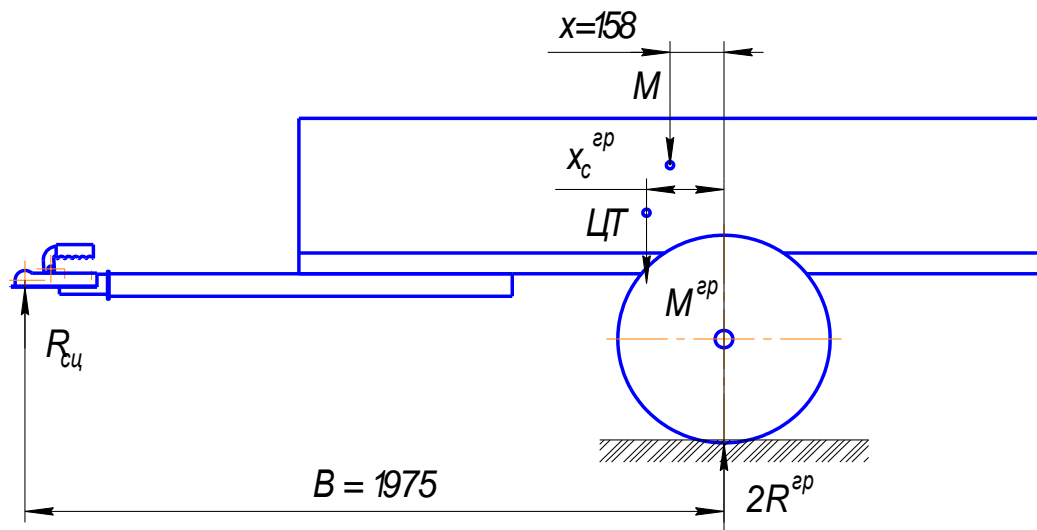


Рисунок 3.1 – Схема навантаження причепа.

Використовуючи рисунок 3,1, складемо рівняння для визначення координати центру ваги навантаженого причепа  $x_c^{2P}$

$$\Sigma m_{(ЦГ)} = 0; 2R^{2P} \times x_c^{2P} = R_{cu} \times (B - x_c^{2P}) \quad (3.2)$$

Звідси визначаємо координату центру ваги причіпа

$$x_c^{zp} = \frac{R_{cu} \times B}{2R^{zp} + R_{cu}} \quad (3.3)$$

$$x_c^{zp} = \frac{392,4 \times 1,975}{4512,6 + 392,4} = 0,1680 \text{ м}$$

Відповідно до схеми отримана координата центру тяжіння навантаженого причепа збігається з координатою центру тяжіння вантажу, яка лежить на осі симетрії кузова причепа. Це може означати лише те, що центр ваги спорядженого причепа також має координату

$$x_c^{CH} = 158 \text{ мм} = 0,1680 \text{ м}$$

Використовуючи отриману координату центру ваги спорядженого причепа та схему навантаження спорядженого причепа наведену на рис 3.2, визначаємо навантаження на вісь причепа в спорядженому стані.

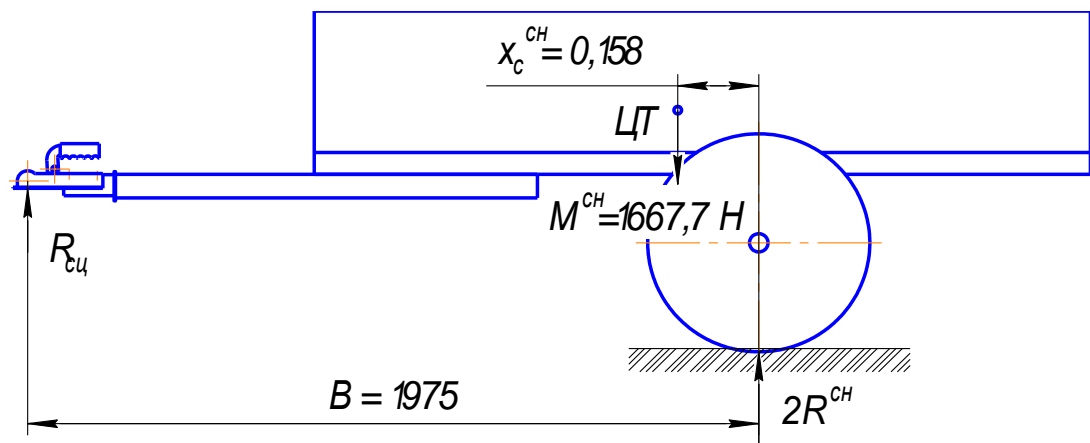


Рисунок 3.2 – Схема навантаження спорядженого причіпа

З рисунка 3.2 випливає

$$\Sigma m_{(cu)} = 0; \quad 2R^{CH} \times B - M^{CH} \times (B - x_c^{CH}) = 0,0; \quad (3.4)$$

З отриманого виразу навантаження на вісь спорядженого причепа становитиме

$$2R^{CH} = \frac{M^{CH} (B - x_c^{CH})}{B} \quad (3.5)$$

$$2R^{CH} = \frac{1667,7(1,975 - 0,158)}{1,975} = 1535,20 \text{ Н}$$



При розрахунку підвісок враховуються не навантаження на вісь у завантаженому чи спорядженому стані, а навантаження від підресорених мас. Величина підресорених мас причепа може бути визначена після вирахування з навантажень на ваги коліс та балки осі причепа.

Вага колеса причепа складає  $m_{\text{кол}} = 14 \text{ кг} = 137,440 \text{ Н}$

Вага балки осі причепу  $m_{\text{б}} = 10 \text{ кг} = 98,12 \text{ Н}$

Загальна вага безпружинних мас причепа становитиме

$$m_{\text{нпр}} = 2m_{\text{кол}} + m_{\text{б}} \quad (3.5)$$

$$m_{\text{нпр}} = 2 \times 137,34 + 98,1 = 372,81 \text{ Н}$$

Підресорене навантаження, що припадає на пружину підвіски навантаженого причепа

$$R_{\text{подр}}^{2p} = \frac{2R^{2p} - m_{\text{нпр}}}{2} \quad (3.6)$$

$$R_{\text{подр}}^{2p} = \frac{4512,6 - 372,8}{2} = 2070,0, \text{ Н}$$

Підресорене навантаження, що припадає на пружину підвіски спорядженого причепа

$$R_{\text{подр}}^{\text{сн}} = \frac{2R^{\text{сн}} - m_{\text{нпр}}}{2} \quad (3.7)$$

$$R_{\text{подр}}^{\text{сн}} = \frac{1534,2 - 372,8}{2} = 581,0 \text{ Н}$$

За величинами підресорених навантажень та деформації підвіски під дією вантажу визначимо жорсткість пружинної підвіски причепа  $c_n^{\text{нпр}}$ . Жорсткість пружинної підвіски не дорівнює жорсткості пружини, так як пружина в підвісці встановлена під кутом вертикальної осі.

Деформація підвіски під впливом вантажу  $f_{\text{к0}}$  може бути визначена виходячи з даних креслення загального виду причепа і як 40 мм.

Жорсткість пружинної підвіски причепа може бути визначена з виразу

$$c_n^{np} = \frac{R_{подр}^{zp} - R_{подр}^{cn}}{f_{к0}} \quad (3.8)$$

$$c_n^{np} = \frac{2070 - 581}{40} = 37,2 \text{ Н/мм}$$

Максимальний вертикальний хід причепного колеса при упорі балки осі в буфер легко визначається за складальним кресленням підвіски і складає  $f_{к\max} = 72 \text{ мм}$ .

На основі певних вихідних даних можна проводити проектувальний розрахунок торсійної підвіски причепа.

### 3.2 Розрахунок торсійної підвіски причепа «ПГМФ -8232»

ля створення набірного торсіону з пластинчастих елементів прямокутного профілю з квадратним перерізом, доцільно використовувати пластини однакової товщини. Кількість пластин в такому торсіоні можна обчислити, виходячи з відношення сторін однієї пластини.

Наприклад, якщо сторона пластини має довжину "а", то кількість пластин в набірному торсіоні може бути обчислена за формулою:

$$\text{кількість пластин} = (\text{довжина торсіону}) / \text{"а"}$$

Це дозволить створити набірний торсіон з бажаною кількістю пластин, забезпечуючи бажану довжину торсіону. Кожна пластина буде мати однакову товщину і складатиметься з матеріалу, що володіє необхідними механічними властивостями для передачі навантаження під час кручення.

Використання такого набірного торсіону в торсіонній підвісці причепа може забезпечити високу надійність, меншу жорсткість та довговічність. Комбінування цих елементів може позитивно позначитися на якості та експлуатаційних характеристиках причепа.

$$n = \frac{b}{h} \quad (3.9)$$

де  $b$  і  $h$  - товщина та ширина пластини відповідно.

Передбачувану форму перерізу проектованого торсіону наведено на рисунку 3.3.

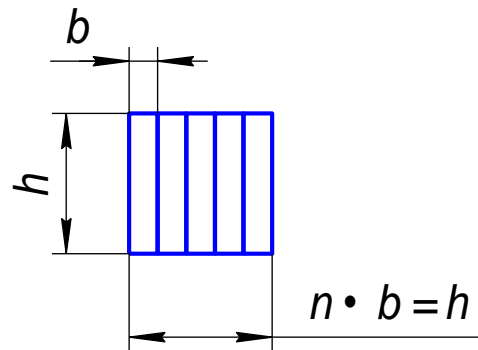


Рисунок 3.3 – Форма перерізу проектованого торсіону

Вибір високовуглецевої легованої сталі, такої як 50ХГА або 60С2Х за ДСТУ14959-2009, для виготовлення пластин набірного торсіону є відповідним вимогам щодо міцності та втомної стійкості. Ці матеріали мають високу міцність та добрі характеристики втоми.

Загартування пластин торсіону і обробка дробом є процесами, які можуть підвищити міцність втоми матеріалу. Загартована сталь здатна витримувати великі циклічні навантаження без втрати міцності. Обробка дробом додатково поліпшує поверхневу якість і стан матеріалу, зменшуючи ймовірність появи тріщин та інших дефектів.

Також варто зазначити, що закручування торсіону в зібраному стані в протилежний бік робочому ходу сприяє покращенню його характеристик. Цей процес дозволяє забезпечити більшу стійкість та знизити ризик появи деформацій під час роботи причепа.

Крім вибору матеріалу і виконання попередніх заходів, важливо дотримуватись вимог до якості виготовлення пластин, таких як точність геометричних параметрів, відсутність тріщин та інших дефектів. Це забезпечить необхідну величину розрахункових напруг і гарантує надійну роботу торсіону в підвісці причепа.

Товщина пластини набірного торсіону може бути визначена за формулою 3.2, рекомендованою у літературному джерелі [1]

$$b = \frac{1,41 f_{k \max}}{[\tau]} \sqrt{\frac{c_n^{np} \times G}{k \times n \times \alpha \times l}}, \text{ мм} \quad (3.2)$$

де  $G$  - модуль поперечної упругості матеріала, МПа; для сталі 60С2Х по ДСТУ14959-2009  $G = 7,80 \times 10^4$  МПа;

$[\tau]$  - допустиме напруження для матеріалу пластини, МПа; для загартованої сталі 60С2Х по ДСТУ 14959-2009 без дробеструйної обробки  $[\tau] = 800,0$  МПа;

$n$  - число прямокутних пластин в наборному торсіоні, шт.;  $n = 4$ ;

$\alpha$  - коефіцієнт, що характеризує раціональність використання матеріалу при деформаціях крутіння некруглих стрижнів; залежить від величини відношення  $k = \frac{b}{h}$ , при  $k = \frac{b}{h} = n = 4$   $\alpha = 0,5671$ ;

$l$  - довжина робочої зони торсіону, мм;  $l = 250,0$  мм;

$$b = \frac{1,41 \times 72}{800} \sqrt{\frac{37,2 \times 7,8 \times 10^4}{4 \times 4 \times 0,567 \times 250}} = 4,530 \text{ мм}$$

Буде  $b = 5,0$  мм, тоді  $h = n \times b = 4,0 \times 5,0 = 20,0$  мм

Тобто, одна пластина набірною торсіону матиме розміри поперечного перерізу  $5 \times 20$ , квадратний переріз набірною торсіону  $20 \times 20$  а робоча довжина торсіону  $l = 250$  мм.

Допустимий кут закручування однієї пластини торсіону визначиться за формулою 3.3 [1].

$$[\Theta] = \frac{[\tau] \times l}{G \times b}, \text{ рад} \quad (3.3)$$

$$[\Theta] = \frac{800 \times 250}{7,8 \times 10^4 \times 5} = 0,6401 \text{ рад} = 29,40^\circ$$

Для визначення проектних розмірів елементів підвіски торсійної необхідно визначити кутову жорсткість набірною торсіону. Кутова жорсткість торсіону розраховується за формулою 3.4

$$c_\Theta = \frac{M}{57300 \times \Theta}, \text{ Нм/град.} \quad (3.4)$$

де  $M$  - момент, закручування торсіона, Нм;

$\Theta$  - кут закручування торсіону, рад.; визначається за формулою 3.5

$$\Theta = \frac{M \times l}{G \times I_K} \quad (3.5)$$

де  $I_K$  - момент інерції перерізу торсіону при крученні, , момент інерції визначається за формулою 5, наведеною в літературному джерелі [2];

$$I_K = n\beta h^3 b, \text{ мм}^4 \quad (3.6)$$

де  $\beta$  - табличний коефіцієнт, що залежить від відношення  $\frac{h}{b}$ ; при  $\frac{h}{b} = 5$

$\beta = 0,291$ ;

$$I_K = 4 \times 0,291 \times 5^3 \times 20 = 2810,0 \text{ мм}^4$$

Підставивши у формулу 3.4 замість його вираз у вигляді формули 4 отримаємо формулу 6 за якою і визначимо кутову жорсткість торсіону

$$c_{\Theta} = \frac{G \times I_K}{57300 \times l} \quad (3.7)$$

Кутова жорсткість торсіону складе

$$c_{\Theta} = \frac{7,8 \times 10^4 \times 2810}{57300 \times 250} = 15,30 \text{ Нм/град}$$

Так, жорсткість торсійної підвіски з поздовжніми важелями змінюється в залежності від положення поздовжнього важеля та кута закручування торсіону. Це пов'язано зі зміною відстані від осі гойдання до лінії дії навантаження під час роботи підвіски.

У положенні, коли поздовжній важіль колеса розташований горизонтально, жорсткість підвіски досягає мінімального значення. В цьому положенні деформації торсіону є максимальними, а жорсткість - мінімальною.

Зі збільшенням кута закручування торсіону жорсткість підвіски починає зменшуватися. Це пов'язано зі зміною відстані від осі гойдання до лінії дії навантаження. При зростанні кута закручування торсіону деформації зменшуються, що призводить до зниження жорсткості підвіски.

Однак, при подальшому переході поздовжнього важеля в горизонтальне положення жорсткість підвіски знову починає зростати. Це пов'язано зі зміною моменту закручування торсіону та збільшенням деформацій при такому положенні.

Отже, жорсткість торсійної підвіски з поздовжніми важелями є залежною від кута закручування торсіону та положення поздовжнього важеля, і може змінюватися від мінімального до максимального значення.

Це наочно проілюстровано рисунком 3.4.

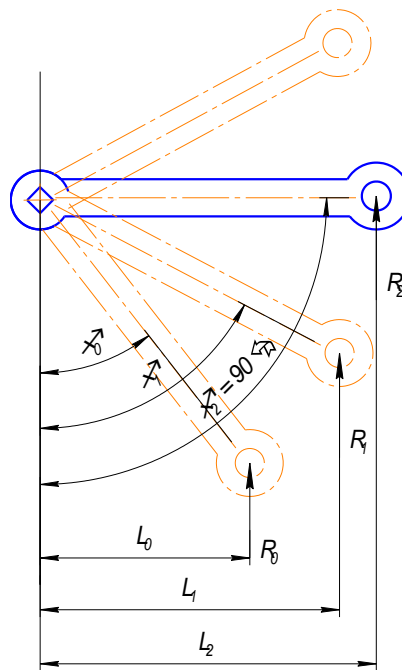


Рисунок 3.4 – Ілюстрація зміни жорсткості підвіски торсіону з поздовжніми важелями.

Так, підбір довжини поздовжнього важеля підвіски може бути доцільним для забезпечення стабільної жорсткості підвіски. Оптимальна довжина важеля дозволяє досягти горизонтального положення важеля при завантаженому причепі і похилого положення при спорядженому причепі.

При завантаженому причепі, довжина важеля обирається таким чином, щоб важіль знаходився в горизонтальному положенні. Це допомагає забезпечити максимальну жорсткість підвіски у цьому стані.

При спорядженому причепі, довжина важеля обирається таким чином, щоб важіль був похилим. Це дозволяє зменшити коливання жорсткості підвіски, оскільки при похилому положенні важеля відстань від осі гойдання

до лінії дії навантаження змінюється, що призводить до зниження жорсткості.

Упір підвіски, такий як буфер обмеження динамічного ходу, також може приймати похилий стан, але з протилежного боку від горизонтального положення важеля. Це допомагає забезпечити стабільну жорсткість підвіски і зменшити коливання.

Підбір оптимальної довжини поздовжнього важеля підвіски з урахуванням цих факторів може допомогти забезпечити приблизно постійну жорсткість підвіски у різних умовах завантаження та руху причепа.

Горизонтальне положення поздовжнього важеля торсійної підвіски на зачепленому причепі і похиле на спорядженому при деформації підвіски під вагою вантажу  $f_{к0} = 40$  мм, використовуємо для визначення необхідної довжини поздовжнього важеля  $L$ .

Кут закручування торсіону  $\Theta_2$  при досягненні поздовжнім важелем горизонтального положення на завантаженому причепі за формулою 3.8

$$\Theta_2 = \frac{M_2}{c_\Theta} = \frac{R_{подр}^{2p} \times L}{c_\Theta}, \text{ град} \quad (3.8)$$

За довжини рважеляычага  $L = 155$  мм кут закручування буде

$$\Theta_2 = \frac{2070 \times 0,155}{15,3} = 20,907^\circ$$

Деформація пружинної підвіски під дією ваги вантажу причепа складає  $f_{к0} = 40,0$  мм. Проектована торсіонна підвіска теж має забезпечувати цю величину деформації, зберігаючи наступність із пружинною. Кут між горизонтальним важелем підвіски у завантаженому причепі та важелем у спорядженому причепі

$$\Delta\Theta = \arcsin \frac{f_{к0}}{L} = \arcsin \frac{40}{155} = 14,90^\circ$$

Тоді кут закручування торсіону при положенні важеля відповідного спорядженого причепа є

$$\Theta_1 = \Theta_2 - \Delta\Theta = 20,97 - 14,9 = 6^\circ$$

Момент, що закручує торсіон при положенні важеля.

$$M_1 = \Theta_1 \times c_\Theta = 6 \times 15,3 = 92,9 \text{ Нм}$$

Навантаження, перпендикулярне осі важеля,

$$R_1 = \frac{M_1}{L} = \frac{92,9}{0,155} = 599,20 \text{ Н}$$

Вертикальна навантаження  $R_{\text{подр}}^{CH}$ , що викликала деформацію, визначиться за формулою

$$R_{\text{подр}}^{CH} = R_1 \times \cos\Delta\Theta = 599,2 \times \cos 14,9 = 579,0 \text{ Н}$$

Отримане значення  $R_{\text{подр}}^{CH} = 579,0 \text{ Н}$  відрізняється від розрахованого раніше  $R_{\text{подр}}^{CH} = 581 \text{ Н}$  на 2,0 Н, що не впливає.

Максимальний кут закручування торсіону підвіски, відповідний упору важеля буфер обмеження динамічних ходів можна розрахувати за формулою

$$\Theta_{\text{max}} = \Theta_2 + \arcsin\left(\frac{f_{k\text{max}} - f_{k0}}{L}\right) = 20,97 + \arcsin\left(\frac{72 - 40}{155}\right) = 32,87^\circ$$

Отриманий кут  $\Theta_{\text{max}} = 32,88^\circ$  перевищує допустимий кут закручування торсіону  $[\Theta] = 29,40^\circ$ , розрахований вище за допустимими напругами  $[\tau] = 800,0 \text{ МПа}$  також маловпливово.

Визначимо напруги, що виникають у торсіоні при упорі важеля підвіски буфер обмеження динамічних ходів за формулою 8, наведеної в літературному джерелі [3.9].

$$\tau = \frac{3M(1 + 0,6\frac{b}{h})}{nb^2h} \quad (3.9)$$

де  $M$  - момент, що викликає закручування торсіону, Нм; при упорі важеля підвіски в буфер момент, що закручує, дорівнюватиме

$$M_{\text{max}} = c_\Theta \times \Theta_{\text{max}} = 15,3 \times 32,88 = 503,1 \text{ Нм}$$



Тоді максимальне напруження в елементах торсіону дорівнюватиме

$$\tau_{\max} = \frac{3 \times 503,064 \times (1 + 0,6 \times \frac{5}{20})}{4 \times 0,005^2 \times 0,020} \times 10^{-6} = 838,708 \text{ МПа}$$

Перевантаження торсіону складе

$$\Delta = \frac{\tau_{\max} - [\tau]}{[\tau]} \times 100 = \frac{838,78 - 800}{800} \times 100 = 4,80\%$$

Перевантаження торсіону входить у 5,0% , що припустимо.

Розрахунок розмірів робочої частини торсіону і довжини поздовжнього важеля підвіски є важливим етапом проектування торсійної підвіски. Після визначення цих параметрів можна переходити до визначення інших розмірів елементів підвіски в процесі конструювання.

Зазначається, що за пружними характеристиками торсіонна підвіска, що розробляється, аналогічна пружинній підвісці причепа "ПГМФ-8532". Це означає, що пружні характеристики, такі як жорсткість і міцність втоми, будуть подібними до вже наявної моделі "ПГМФ-8532".

Однак, при конструюванні нової торсійної підвіски важливо враховувати інші аспекти, такі як вимоги до навантаження, динамічні характеристики, ергономіка та безпека. Врахування цих факторів допоможе забезпечити оптимальну працездатність та якість нової торсійної підвіски.

Загалом, процес конструювання торсійної підвіски передбачає детальний розрахунок і визначення розмірів всіх її елементів на основі встановлених вимог і врахування необхідних параметрів.

### **3.3 Опис конструкції модернізованої торсійної підвіски причепа**

Описаний поздовжній важіль підвіски для модернізованої торсіонної підвіски причепа "ПГМФ-8232" є Г-подібною зварною конструкцією, яка складається з двох труб різних розмірів. У верхній частині важеля приварена

цапфа осі поздовжнього важеля, а в нижній частині є приєднувальна пластина для кріплення цапфи колеса причепа.

Цапфа колеса кріпиться до приєднувальної пластини за допомогою болтів М10, які захищені спеціальним замком, що запобігає їхньому зсуву. Це з'єднання подібне до з'єднання цапфи колеса з балкою задньої осі автомобіля ВАЗ 2108.

Труба розміром 76×3 використовується для забезпечення міцного зварного з'єднання з основною трубою важеля розміром 48,3×6. Крім того, на трубі 76×3 розміщуються скоба упору буфера і кронштейн кріплення нижньої головки амортизатора.

Ця конструкція поздовжнього важеля дозволяє забезпечити стійкість та надійність підвіски, а також передавати навантаження від колеса до рами причепа. Поздовжній розріз модернізованої підвіски торсійної причепа «ПГМФ -8232» показаний на рисунку 3.5.

Поздовжній важіль підвіски 1 являє собою Г-подібну зварювальну конструкцію двох трубів 48,3×6 і 76×3, у верхній частині якої приварена цапфа осі поздовжнього важеля, в нижній приєднувальна пластина цапфи колеса причепа. Цапфа колеса кріпиться до приєднувальної пластини за допомогою болтів М10, захищених від дії зусиль, що зсувають спеціальним замком (за аналогією зі з'єднанням цапфи колеса з балкою задньої осі ВАЗ 2108). Труба 76×3 забезпечує просте і міцне зварне з'єднання з основною трубою важеля 48,3×6 і служить для розміщення на ній скоби упору буфера і кронштейна кріплення нижньої головки амортизатора.

Цапфа осі колеса, приварена до труби 48,3×6, служить для шарнірного кріплення поздовжнього важеля торсійної підвіски до рами причепа і для встановлення в ній вільного кінця торсіону. Шарнірний вузол з'єднання поздовжнього важеля з рамою причепа конструктивно аналогічний шарнірним вузлам кріплення підвісних важелів на автомобілях ВАЗ.

На циліндричну поверхню цапфи важеля встановлена тонкостінна втулка 5 кольорового металу довжиною 46 мм. Між тонкостінною втулкою і

обоймою кронштейна рами гайкою 15 затиснуті гумові втулки 7. Стиснені гумові втулки 7 забезпечують хороше центрування елементів шарнірного з'єднання поздовжнього важеля один з одним, і сприяють гасінню динамічних впливів від дороги на раму причіп. Ступінь стиснення гумових втулок у шарнірі обмежується довжиною тонкостінної втулки 5.

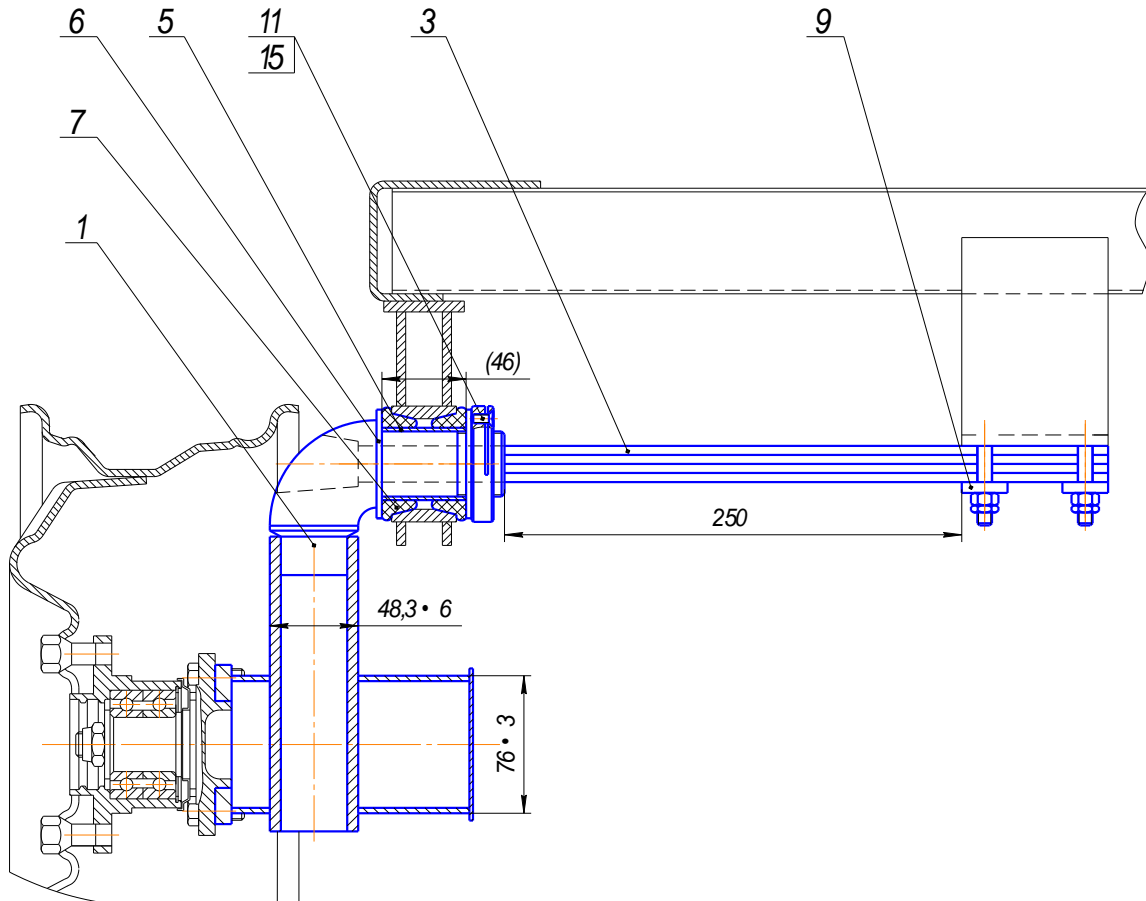


Рисунок 3.5 – Поздовжній розріз торсійної підвіски

Гайка 15 розрізна, і її стопоріння від самотворення здійснюється за допомогою гвинта 11. Стягуючи дві половинки розрізаної різьбової поверхні гайки 15, гвинт 11 порушує крок різьблення і тим самим запобігає самовідкручування гайки 15.

У цапфі осі важеля виконаний квадратний отвір зі стороною квадрата 20 мм, призначений для вільного кінця набірного торсіону. Набірний торсіон складається з чотирьох пластин товщиною 5 мм та шириною 20 мм. Зібраний із чотирьох пластин пакет, закріплюється на кронштейнах рами за допомогою пластин 9 та болтів з гайками. Вільний кінець пакета вводиться у квадратний отвір цапфи поздовжнього важеля. Додаткового сполучного

елемента окремих пластин торсіону пакет не передбачено. При повороті поздовжнього важеля в шарнірі під дією вертикальних сил реакцій дороги на колесо, торсіон закручується щодо свого затискання і створює ту пружну силу, яка врівноважує сили реакції дороги. Як показав розрахунок, для врівноваження сил реакцій дороги, прикладених до колеса причепа, достатньо, щоб пакет пластин торсіону мав робочу довжину 250 мм.

Поздовжній важіль підвіски повертається у вихідне положення при вивішуванні колеса причепа. Це створює хід колеса, що відповідає вертикальному руху на  $6^\circ$  або 15 мм.

Конструктивно, торсійна підвіска не вимагає штучного обмеження ходу відбою, так як торсіон надійно закріплений на рамі причепа і в цапфі осі поздовжнього важеля.

Існує можливість встановлення амортизаторів підвіски, які не вимагають значної габаритної висоти. Це може сприяти зниженню навантажувальної висоти причепа.

Торсійна підвіска з поздовжніми важелями має змінну жорсткість, яка залежить від відстані від осі гойдання поздовжнього важеля до лінії дії навантаження. Найбільша жорсткість спостерігається при мінімальних деформаціях підвіски, а зі збільшенням кута закручування торсіону жорсткість зменшується. Мінімальне значення жорсткості досягається, коли поздовжній важіль розташований горизонтально, а при переході важеля у горизонтальне положення жорсткість підвіски зростає.

Загалом, торсійна підвіска причепа "ПГМФ-8232" має свої особливості в порівнянні з пружинною підвіскою, але забезпечує подібні ходи коліс та має певні переваги, такі як зниження навантажувальної в

В результаті проектування розрахунку торсійної підвіски визначено розміри робочої частини торсіону і довжина поздовжнього важеля підвіски. Інші розміри елементів підвіски може бути визначено за її конструювання. За пружними характеристиками торсіонна підвіска, що розробляється, аналогічна пружинній підвісці причепа «ПГМФ -8532»

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час користування обладнанням.

Виробничий травматизм зумовлений організаційними, технічними, психофізіологічними та санітарно-гігієнічними причинами. Аналіз виробничого травматизму дозволяє не лише виявити причини, а визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики травматизму [18].

Для аналізу виробничого травматизму застосовують багато різноманітних методів, основні з яких можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, монографічні, економічні, анкетування, ергономічні, психофізіологічні, експертних оцінок та інші [17].

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

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

Наявність струму на корпусі світильника:

а) відсутність захисного заземлення:

- не виконувалося заземлення;
- пошкоджено захисне заземлення.

б) пошкодження ізоляції :

- відсутність профілактичних заходів;
- неправильна експлуатація.

Дотик обслуговуючого персоналу оголеними частинами тіла до корпусу світильника:

а) недотримання правил техніки безпеки:

- відсутність захисної огорожі;
- недотримання вимог щодо спецодягу обслуговуючого персоналу;

- невиконання правил техніки безпеки;
- б) невикористання засобів індивідуального захисту:
  - халатність працівника;
  - недостатній контроль працівників.

Отже, Такі чинники, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки можуть бути причиною травмування робочого персоналу.

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

- проведення профілактичних заходів;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи формули [16].

Вимоги безпеки до початку роботи:

- Заземлення є обов'язковим!
- Перевірити надійність заземлення електросвітильника і електрощитів.
- Опір ізоляції відносно землі електрично зв'язаних кіл повинен бути не менше 1,0 МОм.
- Опір ізоляції вимірюється мегомметром 1000-2500В.
- Перевірити візуальну справність органів контролю індикації,.
- Уважно оглянути робоче місце, привести його в порядок. Забрати всі предмети, що заважають роботі. Робочий інструмент, пристосування і допоміжний матеріал, перевірити їхню справність.

Вимоги безпеки під час роботи :

- Управління роботою освітлення у заданому режимі відбувається автоматично.

-При огляді працюючої системи освітлення забороняється виконувати любі роботи в системі автоматики і захисту і вимірювальних приладах.

-Не доторкатися голими руками до неізольованих поверхонь трубопроводів подачі гарячої води.

#### **4.2 Планування заходів з покращення охорони праці**

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

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

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування [18].

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації та пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском [16].

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

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі.

Кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Таблиця 4.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

Шифр	Назва події	Ймовірність
P <sub>1</sub>	Відсутність захисного заземлення	0,04
P <sub>2</sub>	Пошкодження захисного заземлення	0,03
P <sub>3</sub>	Пошкодження ізоляції	0,1
P <sub>4</sub>	Неправильна експлуатація обладнання	0,02
P <sub>5</sub>	Відсутність профілактичних заходів	0,1
P <sub>6</sub>	Відсутність захисного щита	0,2
P <sub>7</sub>	Незнання правил техніки безпеки	0,09
P <sub>8</sub>	Недотримання правил техніки безпеки	0,1
P <sub>9</sub>	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,3
P <sub>10</sub>	Халатність	0,06

Складемо логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електроопаленням (рис.4.1.).



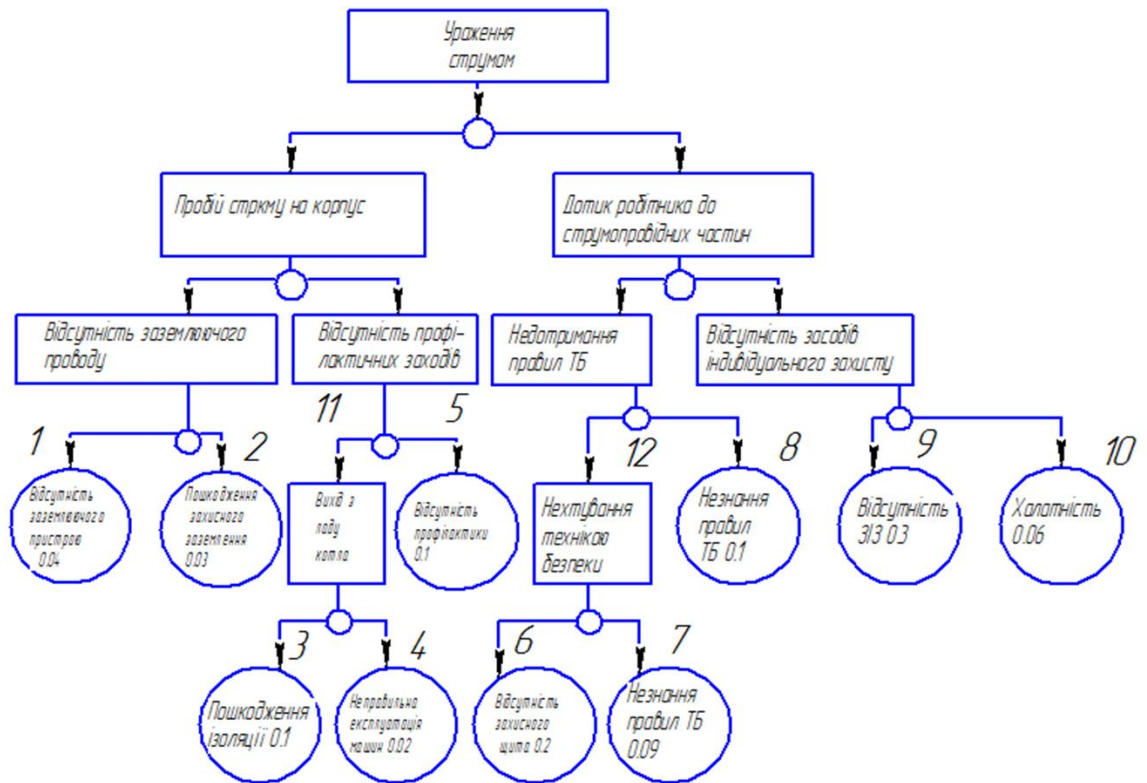


Рисунок 4.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

Нехай дві базові події з ймовірністю "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P<sub>3</sub> можна визначити так:

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (4.1)$$

Оператор "I" об'єднує n події з ймовірностями P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>...P<sub>n</sub>. Тоді ймовірності вихідної події P буде:

$$P_3 = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad (4.2)$$

Дві базові події з ймовірностями P<sub>1</sub> і P<sub>2</sub> за допомогою оператора "Або", входять до третьої події. Тоді ймовірність P<sub>3</sub> буде.

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \times P_2 \quad (4.3)$$

Оператор "Або" об'єднує 3 базові події з ймовірностями P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P<sub>4</sub>. Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (4.4)$$

За допомогою даних залежностей ми проводимо розрахунок ймовірності виникнення травми при роботі з електрообладнанням. Ймовірність

виникнення вихідних подій задаємо умовно. Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.4), Отримаємо ймовірність події 13:

$$P_{13} = 0,03 + 0,01 - 0,03 \cdot 0,01 = 0,0397.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 \times P_5; \quad (4.5)$$

$$P_{11} = 0,02 + 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 \times P_7; \quad (4.6)$$

$$P_{12} = 0,2 + 0,09 \cdot 0,2 \cdot 0,09 = 0,20.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 \times P_{10}; \quad (4.7)$$

$$P_{13} = 0,04 + 0,06 \cdot 0,04 \cdot 0,05 = 0,0401.$$

$$P_{14} = P_{11} \times P_5; \quad (4.8)$$

$$P_{14} = 0,118 \times 0,1 = 0,0118.$$

$$P_{15} = P_{12} \times P_8; \quad (4.9)$$

$$P_{15} = 0,20 \times 0,1 = 0,022.$$

$$P_{16} = P_{13} + P_{14} - P_{13} \times P_{14}; \quad (4.10)$$

$$P_{16} = 0,0401 + 0,0118 - 0,0401 \cdot 0,0118 = 0,0142.$$

$$P_{17} = P_{14} \times P_{15}; \quad (4.11)$$

$$P_{17} = 0,0118 \times 0,022 = 0,00250.$$

$$P_{18} = P_{16} + P_{17} - P_{16} \times P_{17}; \quad (4.12)$$

$$P_{18} = 0,0142 + 0,00250 - 0,0142 \times 0,0190 = 0,144.$$

Таким чином на під час роботи електричної освітлювальної системи на наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 14,4 травм. Якщо підвищити професійний рівень, поліпшити контроль та виготовити профілактичні засоби за всіма вимогами безпеки, то можна побачити на моделі шляхом

повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки - до 1.

#### **4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Захист цивільного населення у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей та шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від масштабних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатись як невід'ємна частина державної політики, національної безпеки та державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади.

При загрозі радіоактивного забруднення місцевості керівник ЦЗ об'єкта відповідно до плану ЦЗ дає розпорядження привести в готовність формування для захисту тварин. Для догляду за тваринами в приміщеннях залишають мінімальну кількість працівників 3-5 осіб, але не менше 3 на приміщення. За наявності дійних корів залишають 5-7 осіб на 150-200 тварин [16].

## 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБКИ ПІДВІСКИ ПРИЧЕПУ

Розроблена в роботі торсіонна підвіска причепів для легкових автомобілів «ПГМФ -8232» відрізняється від пружинної підвіски, що застосовується в даний час, меншою металомісткістю і трудомісткістю виготовлення. Загальна вага деталей розробленої підвіски становить 12 кг, тоді як вага деталей підвіски пружинної 15 кг. Однак слід зауважити, що підвіска, що проектується, не передбачає наявності в конструкції причепа такого металоємного вузла, як балка осі причепа. З урахуванням цієї обставини загальне зниження металомісткості причепа може сягнути понад 10 кг. Для розрахунку передбачуваного економічного ефекту від впровадження торсійної підвіски причепа «ПГМФ -8232» здійснимо розрахунок витрат на матеріали та на виготовлення елементів конструкції підвіски причепа, що змінюються.

Будь-яка підвіска транспортних засобів складається з трьох основних елементів: пружного елемента, напрямного пристрою і пристрої коливання, що гасить. З перерахованих трьох елементів підвісок, при впровадженні торсійної підвіски причепа зміни торкнуться пружного елемента і направляючого пристрою. Виключається з конструкції балка осі причепа, при впровадженні торсійної підвіски віднесемо до напрямного пристрою..

Розрахунок витрат. Ця стаття видатків враховує вартість матеріалів, які речовинно входять до складу конструкції підвісок, а також допоміжних матеріалів, що використовуються при виготовленні підвісок. Витрати основні матеріали визначаються за формулою 5.1

$$M_{осн} = \sum \frac{m_i}{k_{умі}} C_{мі} \quad (5.1)$$

де  $m_i$  – маса матеріалу, для виготовлення елемента підвіски, кг;

$k_{умі}$  - коефіцієнт використання матеріалу цієї назви;

$C_{мі}$  – вартість матеріалу цієї назви, грн/кг.

Розрахунок витрат за основні матеріали, і навіть значення ,  $m_i$ ,  $k_{умі}$  і  $C_{мі}$  матеріалів, використовуваних під час виготовлення елементів підвісок зведемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 -Розрахунок витрат на матеріали для елементів підвіски

Пружні елементи підвісок								
	Проектований варіант				Базовий варіант			
Найменування та кількість елементів	два набірні торсіони з 4-х пластин;				дві циліндричні пружини стиснення			
Матеріал	полоса 5×20 сталь 60С2А				круг 11 сталь 60С2А			
Маса , кг	2,577				3,37			
Коефіцієнт використання матеріалу	0,91				0,81			
Вартість матеріалу, грн./кг	45				46,7			
Витрати на матеріал, грн.	178,42				286,14			
Напрямні елементи підвісок								
	два поздовжні важелі				чотири реактивні тяги			
Найменування та кількість								
Матеріал деталей прямого пристрою	труба 48,2×6	труба 76×3,0	лист 10,0	сталь 35L	труба 20×2.0	сталь 35.0	труба 48,3×6.0	
Маса, кг	2,04	1,403	0,85	2,73	1,97	1,233	7,94	
Коефіцієнт використання матеріалу	0,90	0,86	0,61	0,77	0,91	0,61	0,86	
Вартість матеріалу, грн./кг	63,20	37,20	32,0	50,1	87,20	50,1	63,21	
Витрати на матеріал, грн	143,24	61,41	45,86	174,2	191,5	102,67	591,12	
Сума витрат, грн	524,81				1185,65			
Шарніри напрямних елементів підвісок								
	два, резинометаллический				восемь, резинометаллический			
Найменування та кількість								
Матеріал елемента шарніру	шайба 36	Гайка 36	Втулка	Гума	Палець 20	Шайба 18	Гайка 12	Гума
Маса , кг	0,164	0,34	0,184	0,112	1,816	0,224	0,110	0,056
Коефіцієнт використання матеріалу	-	-	0,7	-	0,81	-	-	-
Вартість матеріалу, грн./кг	61,8	219	208	488	41,8	61,8	118	488
Витрати на матеріал, грн	48	93,8	83,8	88	68	58,7	38,7	47,0
Сума витрат, грн	292,5				194,4			
Разом, грн.	$M_{осн}^{nm} = 943,7$				$M_{осн}^b = 1664, 12$			

До допоміжних матеріалів, що використовуються в процесі виготовлення підвісок, відноситься зварювальний дріт для зварювання вузлів підвісок. Витрати на зварювальний дріт визначаються за формулою 5.2

$$M_{всн} = m_{np} \times C_{np} \quad (5.2)$$

де  $m_{np}$  - маса зварювального дроту, витраченого на зварювання вузлів підвісок, кг; приймається рівною масою наплавленого металу;

$C_{np}$  - вартість зварювального дроту, грн./кг; для дроту діаметром 1,2 мм – 171,3 грн./кг; для дроту діаметром 1,6 мм – 164,5 грн./кг

Потрібна кількість зварювального дроту визначається за формулою 5.3

$$m_{np} = 7,85 \frac{Lk^2}{2000}, \text{ кг} \quad (5.3)$$

де  $L$  - довжина зварного шва, см;

$k$  - катет зварного шва, см;

Розрахунок витрат на зварювальний дріт при виготовленні вузлів проєктованого та базового варіантів підвісок наведено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 - Розрахунок витрат на зварювальний дріт

Показники		Проєктований варіант	Базовий варіант
довжина зварного шва з катетом: $L$ , см,	2	-	55,2
	4	209,7	87,6
Маса дроту діаметром: $m_{np}$ , кг	1,2	-	0,009
	1,6	0,131	0,055
Вартість дроту діаметром: руб./кг	1,2	171,3	
	1,6	165,5	
Витрати		$M_{вс}^{nm} = 28,5$	$M_{вс}^{\bar{o}} = 34,2$

Загальні витрати за статтею матеріали становитимуть:

за проєктованим варіантом -  $M^{nm} = M_{осн}^{nm} + M_{вс}^{nm} = 734,7 + 8,5 = 972,2$  грн.

по базовому варіанту -  $M^{\bar{o}} = M_{осн}^{\bar{o}} + M_{вс}^{\bar{o}} = 1164,12 + 4,2 = 1698,32$  грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті виконання роботи на тему: «Удосконалення підвіски автомобільного причепа зменшеної металоємності» було досягну такі результати.

причепа для легкових автомобілів дійсно розширюють функціональні можливості автомобілів і знайшли широке застосування серед приватних осіб і підприємців. Вони дозволяють перевозити додаткове вантажне або вантажно-пасажирське навантаження, забезпечуючи більшу гнучкість і комфорт при переміщенні предметів або матеріалів.

На сьогоднішній день на ринку України доступно багато автопричепів вітчизняного виробництва а саме: "АвтоКрАЗ", "Подільська кузня", "Купава", "Амтел-Вектор", «Автостен».

Так, у багатьох випадках причепа для легкових автомобілів оснащені підвісками, які є аналогічними або схожими на підвіски, використовувані на самих автомобілях. Це дозволяє забезпечити спільну сумісність деталей та спрощує ремонт і обслуговування, оскільки можна використовувати однакові запчастини для обох типів транспортних засобів.

Однак, з метою зниження вартості та підвищення надійності, деякі виробники причепів можуть впроваджувати спрощені конструкції окремих вузлів або застосовувати нові типи підвісок, які не зустрічаються на легкових автомобілях. Це може бути зумовлено специфічними вимогами до причепа, розмірами, вантажопідйомністю або іншими факторами.

Такі спеціалізовані підвіски можуть бути розроблені для оптимальної роботи в умовах перевезення вантажів, забезпечуючи кращу стабільність, маневреність і комфорт. Виробники зазвичай проводять відповідні дослідження та тестування, щоб гарантувати високу якість і надійність нових підвісок.

Отже, хоча на деяких причепах можуть бути використані нестандартні підвіски, це здебільшого зумовлено специфічними вимогами та стремлінням до оптимізації вартості та функціональності причепа. Дослідження

доцільність використання причепів для легкових автомобілів, розглянуто їх ринок. Проаналізовано різні види автомобільних причепів, зроблено аналіз їх підвісок.

Визначено найбільш популярні автомобільні причепа та їх виробників на ринку України. Проведено аналіз специфіки будови та роботи підвісок причепів зменшеної металоємності автотранспортної техніки.

Визначено причіп для модернізації. Надані пропозиції щодо удосконалення конструкції підвіски причепа «ПГМФ -8232».

Істотно знизити трудомісткість і металоємність причепа можна за рахунок зміни конструкції його підвіски, замінивши пружинну залежну підвіску, що застосовується в даний час, на торсіонну незалежну.

Проведено удосконалення автотранспортної підвіски причепа, визначенні початкові данні для розробки торсіонної підвіски, проведений розрахунок торсійної підвіски причепа «ПГМФ -8232», здійснений опис конструкції модернізованої торсійної підвіски причепа

Оснащення причепа ПГМФ «-8232» торсійною підвіскою дозволить знизити вантажну висоту причепа, знизити розташування центру мас причепа та покращити його стійкість на дорозі при русі з високою швидкістю, знизити металоємність причепа та зробити його надійнішим.

У данній роботі розроблена конструкція торсійної підвіски для причепа «ПГМФ – 8232» за пружними характеристиками, що повністю відповідає пружинній підвісці причепа.

Як показав економічний розрахунок, вартість матеріалів на підвіску бути знижена на 726,20 грн, це в 1,7 рази.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антощенко В.М. Трактори та автомобілі. Ч.4. Робоче, додаткове і допоміжне обладнання Харків, 2016. 164 с.
2. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів Київ: Урожай, 1994. 224 с.
3. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання Київ: Вища школа, 2011. 180с.
4. Хімка С.М., Магац М.І., Шевчук В.В., Сукач О.М.. Автомобілі. Частина 1 «Загальна будова і трансмісія автомобіля». Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт, для здобувачів першого(бакалаврського) рівня освіти з спеціальності 274 - "Автомобільний транспорт". 2022. с 88.
5. Хімка С.М., Магац М.І., Шевчук В.В., Сукач О.М., Рубан Д.П.. Автомобілі. Частина 2 «Ходова частина і органи керування автомобіля». Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт, для здобувачів першого(бакалаврського) рівня освіти з спеціальності 274 - "Автомобільний транспорт". 2022. с 88.
6. Білоконь Я.Ю. Окоча А.І., Войцехівський С.О. Трактори та автомобілі Київ: Вища освіта, 2003. 560 с.
7. Кісліков В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник 6-те вид. / В. Ф.Кісліков, В.В. Лущик. Київ Либідь, 2006. 400 с.
8. Сажко В. А. С14 Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. Київ. Каравела, 2008. 400 с. ISBN 966-96331-1-7
9. 5. Electude - Автомобільні основи [https://lnau.electude.su/bundle\\_17945301](https://lnau.electude.su/bundle_17945301) (дата звернення 31.05.2022 р.)
10. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії ( питання, завдання та відповіді): навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2016. 236 с. Депоновано у Державній науково-технічній бібліотеці України 16.12.2016. №18-

- РІД/Ук-2016 9 (з оприлюдненням). Укр. [Електронний ресурс; Режим доступу <http://gnth.gov.ua>].
11. Кузнецов В.А., Дьяков И.Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2003. 64 с
  12. Рампель Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески. Пер. с нем.
  13. А.Л. Карпухина под ред. Г.Г. Гридасова. М.: Машиностроение, 1987. 288с
  14. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1 – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
  15. ДСТУ 12.1.003-03 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. Київ. Видавництво стандартів, 2008.
  16. ДСТУ 12.1.004-01. ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги. Київ. Видавництво стандартів, 2002.
  17. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
  18. Лехман С.Д., Целинский В.П., Козирев С.М. Довідник з охорони праці в сільському господарстві: Запитання і відповіді. Київ: Урожай, 1998. 400с.
  19. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 2008. 267с.
  20. Мельник Л.Г. Економіка енергетики: навч. посіб. Суми: ВТД «Університетська книга», 2012. 238с.