

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та
інфраструктури
Кафедра транспорту і логістики

КОПЕСТИНСЬКИЙ Данило Тарасович

**Вдосконалення технологічного процесу ремонту
рульового управління автомобілів Ford з
дослідженням процесу їх роботи / Improvement of
the technological process of repairing the steering
control of Ford cars with the study of the process of
their operation**

спеціальність: 274 - Автомобільний транспорт
освітньо-професійна програма - Автомобільний транспорт

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи ТАм-22
Д. Т. Копестинський

Науковий керівник:
О. П. Захарчук

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри
_____ П. В. Попович

ТЕРНОПІЛЬ - 2023

ВСТУП

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

- 1.1. Огляд української причіпної техніки
- 1.2. Специфіка причепа виробництва «Еней VO2011»
- 1.3. Особливості підвісок причепів, застосовуваних до легкових автомобілів та підвіски причепа «Еней VO2011»

2.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

- 2.1. Деталь "Цапфа важіль": основні характеристики
- 2.2. Опис технологічного процесу виготовлення
- 2.3. Торсіонна підвіска причепа «Еней VO-2011»: процедура складання

3.КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

- 3.1. Особливості розробки торсіонної підвіски
- 3.2. Специфіка конструкції модернізованої торсіонної підвіски причепа "Еней VO-2011" з розрахунком міцності поздовжнього важеля торсіонної підвіски

4.НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

- 4.1. Торсіонна підвіска з поздовжніми важелями: аналіз запропонованих змін
- 4.2. Економічне обґрунтування доцільності внесених змін та загальні витрати на матеріали для виробництва торсіонної підвіски
- 4.3. Заходи з безпеки на виробництві

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку суспільства незаперечний вплив транспорту на його життя. За винятком виконання своєї основної транспортної функції, автомобіль значною мірою впливає на структуру промисловості, створюючи окрему автобудівну галузь. Він також впливає на орієнтацію суспільства, формує психологію людей, впливає на моди і навіть звичаї. Зокрема, сьогоднішній швидкий розвиток транспорту є особливо актуальним. З посиленням потоку автомобілів із-зі кордону і техніки на ринку зростає конкуренція між виробниками, і особливо гостро постає питання виживання вітчизняного автомобілебудування.

Проте, досягнення, отримані протягом минулих років у фундаментальних і прикладних науках, дають підстави сподіватися на швидке подолання кризи в українському машинобудуванні та появу у нашій країні конкурентноспроможних втомобілів та техніки.

Доцільними напрямками покращення технічного стану машин завжди вважалося зменшення витрат паливно-мастильних матеріалів разом із зниженням трудомісткості обслуговування, економія різних матеріалів при виготовленні автомобіля, значне зниження рівня шумів транспорту та токсичності вихлопних газів, а також збільшення надійності конструкцій різного плану.

Сучасний автомобільний транспорт з високими швидкостями та корисними навантаженнями, застосуванням зчленованих транспортних засобів, а також різноманітність дорожніх та кліматичних умов для експлуатації ставлять перед автомобільною технікою особливі вимоги щодо безпеки руху та надійності автомобілів. Виробники техніки постійно змінюють та удосконалюють конструкцію вироблених транспортних засобів, щоб відповідати та задовольнити цим вимогам.

Дослідження присвячене питанню удосконалення підвіски, що використовується у причепі для легкових автомобілів «Еней VO-2011». На сьогоднішній день пружинна підвіска, що використовується, вже вичерпала свій потенціал, що підтверджується все більшим застосуванням резино-джгутової підвіски на причепах для легкових автомобілів як альтернативи торсіонній підвісці. Торсіонна підвіска успішно зарекомендувала себе на військових транспортних засобах і є найбільш доцільною для використання в причепах, зокрема для легкових автомобілів. Вона може забезпечити не лише підвищену надійність вузла, але й значне зниження

металоємності причепа, а також зменшення трудомісткості його виробництва. Саме ці фактори визначають вибір *об'єкта* дослідження – процес удосконалення підвіски легкового автомобіля, а також його *предмет* – взаємодія елементів причепа під час експлуатації транспортного засобу.

Метою дослідження є розробка напрямку удосконалення причіпа легкового автомобіля з розробкою проєкту дільниці ТО та ремонту.

Для досягнення мети, окресленої в роботі, потрібно розв'язати такі завдання:

- провести аналіз існуючої української причіпної техніки;
- дослідити характеристики причепа для легкових автомобілів "Еней" і визначити особливості конструкції підвіски цього причепа.
- розробити пропозиції з щодо вдосконалення конструкції підвіски причепа "Еней VO-2011";
- проаналізувати деталі "Цапфа важеля", описати технологічний процес їх виготовлення та особливості укладання торсійної підвіски причепа "Еней VO-2011".
- проаналізувати вихідні дані для розробки торсійної підвіски, описати конструкцію модернізованої торсійної підвіски причепа "Еней VO-2011" і провести розрахунки на міцність поздовжнього важеля торсійної підвіски.
- дослідити зміни жорсткості торсійної підвіски з поздовжніми важелями, визначити специфіку таких змін, розробити економічне обґрунтування, включаючи капітальні витрати на виробництво торсійної підвіски та витрати на матеріали.
- спрогнозувати напрями удосконалення причепа легкового автомобіля, розробити проєкт дільниці технічного обслуговування та ремонту.

Структура дослідження зумовлена його метою та завданнями і містить вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел (29 найменувань).

У процесі виконання дослідження було підготовлено доповідь для виступу на Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції, про що свідчать опубліковані тези доповіді [25].

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд української причіпної техніки

Сучасний етап розвитку будь-якої країни загалом та України зокрема характеризується зростанням приватного підприємництва, яке включає створення та удосконалення великих акціонерних товариств, середніх та дрібних індивідуальних підприємств. Малий і середній приватний капітал відіграють важливу роль у формуванні валового національного продукту. Відповідно до промислових стандартів країни, виробництво товарів повинно враховувати потреби малих та середніх підприємств. Один із напрямків, який відповідає цим стандартам, - це виробництво причепів для легкових автомобілів. Ці причепа широко використовуються в малих підприємствах, не лише для пасажироперевезень, а й для транспортування невеликих вантажів. Узагалі, використання причепів для легкових автомобілів значно розширює функціональні можливості цих транспортних засобів.

У сучасних умовах багато підприємств займаються виробництвом причепів. Вони випускають причепа різної вантажопідйомності, починаючи від 200 кг і досягаючи 1500 кг. Однією з переваг причепів з вантажопідйомністю до 300 кг є їх компактність, невелика власна і повна маса, а також низька ціна. Зберігання цих причепів, навіть у гаражі для автомобіля, не створює серйозних труднощів. При необхідності їх можна легко перевертати вручну або установлювати вертикально. Навіть автомобіль "ОКА" може витягти такий причіп. Низька ціна дозволяє придбати причіп у будь-який момент, коли виникає потреба.

Недоліки причепів з невеликою вантажопідйомністю виникають як пряма наслідок їх переваг: обмежена вантажопідйомність і об'єм, слабенька пружинна підвіска, менші 10-дюймові колеса і ступиці; конструкції не призначені для перевантажень, поганих доріг і великих швидкостей. Наприклад, модель 8236 є типовою для свого класу. Додаткові переваги цієї моделі включають наявність штатного запасного колеса; дишло можна відвертати для зберігання; відкриваються передній і задній борти, що дозволяє перевозити довгі вантажі. Інша модель, VMZ-8291, практично є близькою до причепа 8236, маючи мініатюрні пружини, вузькі і маленькі колеса, мотоциклетну світлотехніку та можливість відкривати лише задній борт: бруси і дошки в даній моделі не обладнані такою опцією.

Найбільш популярні на ринку є причепа зі здатністю піднімати вантаж вагою

від 300 до 500 кг., тому їх представлено широким асортиментом. Ця група причепів має місткі, суцільнометалеві конструкції з рідкісними випадками фанерної підлоги кузова. Обов'язковою особливістю є наявність тенту, невеликих коліс, які зазвичай винесені за борти вантажної платформи. Ступиці зазвичай мають два конічні підшипники, які нагадують "жигулівські". Проте, запасне колесо не входить до комплекту причепів цієї групи, що може створювати деякий дискомфорт власникам автомобілів "Волг", "Нив" і "Таврій". Моделі з вантажопідйомністю близько 500 кг зазвичай оснащені гальмами. Зберігання таких причепів в гаражах для автомобілів може бути проблемою, тому деякі моделі мають шарнірне дишло, що знижує гостроту цієї проблеми.

У цих причепах використовуються три типи пружних елементів у підвісках: пружинні і ресорні пружні елементи сусідять з сучасною, яка прийшла від провідних європейських виробників з резино-джгутовою схемою. Її перевага полягає в повністю незалежній підвісці коліс, компактності, зменшенні безпружинних мас, а також можливості відмовитися від амортизаторів. При використанні резино-джгутової підвіски на причепі, кузов можна поставити нижче, одночасно знизивши центр ваги, що є дуже важливим для керованості автопоїзда. Якщо якість матеріалів підвіски висока, а конструкція правильно розрахована, резино-джгутова підвіска є надійною і довговічною. Це підтверджено вітчизняними виробниками, які використовують імпортні вузли. Звичайно, причепи з деталями відомих фірм є дорогими. Дехто скаржиться на жорсткість резино-джгутових підвісок. Проте на практиці, у навантаженого причепа "стрибучість" не перевищує ту, що присутня у моделей з пружинами або ресорами. Особливо, якщо в останніх вирішили зекономити на амортизаторах для зниження вартості конструкції.

Сьогодні практично кожен виробник пропонує декілька варіантів, які відрізняються підвісками, висотою тенту і бортів, а також іншими деталями. За загальним індексом приховується ціла група надійних причепів середньої цінової категорії з вантажопідйомністю від 320 до 500 кг.

Оцинковані кузови цих автомобілів менше піддаються корозії порівняно з фарбованими, але вони коштують дорожче. Покупець може обрати низький або високий тент, вибрати базову версію з одним відкидним бортом - заднім, або додатково заплатити 1000 гривень за можливість відкривати передній бік. Також можна вибрати фарбовану або оцинковану раму. Вартість причепа буде вищою на 3-5%. Крім версій з резиновою підвіскою, пропонуються також варіанти з ресорами та

амортизаторами, що властиві «Москвичу-2140», які більш поширенні на українських дорогах.

Окремі екземпляри причепів «Трейлер» використовують водостійку 12-міліметрову фанеру для підлоги кузова; мінімізовано обслуговування маточини: передній дворядний підшипник від ВАЗ-2108 не вимагає мастила чи регулювання, а дишло складається з резино-джгутової підвіски в різних варіантах модифікації. Версії з вищим рівнем комплектації відзначаються наявністю німецьких інерційних гальм "KNOTT", а також опорною стійкою, фаркопом та світлотехнікою аналогічного виробника; запчастини для таких причепів можна знайти на ринку, хоча не так часто. Такі «Трейлери» справедливо вважаються надійними, міцними і довговічними виробами.

«Тонар» відзначається великою вантажопідйомністю та місткістю, а також доступною ціною, що робить його лідером у своїй категорії. Проте, серед його недоліків можна відзначити незручність складання дишла та наявність малих 10-дюймових коліс. На щастя, на ринку можна знайти оригінальні ліхтарі. «Тонар-8188» є найбільш доступним варіантом для перевезення 450 кг. Проте, варто пам'ятати про невеликі маточини, які потребують обережного поводження. Важливою особливістю БОМЗ є наявність вушок для штатного домкрату «Жигулі» або «Нива». Однак, розташування вушка слід передбачити нижче, оскільки при піднятті колеса під домкрат доводиться використовувати дошки або цеглу. Причип оснащений переднім і заднім відкриваються бортами та складним дишлом. Ліхтарі на причепі захищені скобами, що дозволяють зберегти світлотехніку при некоректному маневруванні.

Доцільно відзначити переваги конструкції причепа «Еней VO-2011», яка є продуманою і доступною за ціною. Цей причіп є типовим представником своєї групи. Кузов металевий, фарбований, простий з відкриваються задніми і передніми бортами, а інші легко знімаються. Заміна світлотехніки не становить проблеми, оскільки УАЗівські ліхтарі є легко доступними. Цей причіп має помірну вантажопідйомність і прийнятну ціну. Ця модель електромеханічного заводу «Авангард» не є популярною через незручність колісних ніш у кузові, які зменшують корисний об'єм. Крім того, вона має ресорну підвіску з гідравлічними амортизаторами, і дишло не має можливості складатися. Освітлення використовує тролейбусно-автобусні ліхтарі, які легко можна знайти на ринках і в магазинах.. Цей причіп можна придбати дуже дешево, але він може бути занадто ємним і має середню вантажопідйомність.

КМЗ-8136 високо розташований над дорогою, і крім цієї моделі

«Курганмашзавод» випускає варіант також з ресорами. У обох модифікаціях є універсальна маточина, яка підходить для коліс «Жигулів», «Самар» та задньопривідних «Москвичів», а комплектація включає металеві панелі для нарощування бортів. Продукція «Курганмашзаводу» може легко працювати з довгими вантажами, оскільки передня та задня стінки обидві легко відкидаються, а дишло може бути подовжене. Аналогічний кузов міг би виконувати функції самоскиду, не потребуючи «від стіжки» від тягача. КМЗ-8136 ідеально підходить для гаража, оскільки в вертикальному положенні зі складеним дишлом він займає не більше 1 м 2. А продукт «Курганмашзаводу» - лідер по універсальності і його ціна відносно невисока.

Поява на ринку різноманітних моделей причепів, які в змозі перевозити понад півтонни вантажу, визначається не лише потребами в дачних або садових цілях, але й комерційно-торговими вимогами. Для маневреності та керування таким важким автопоїздом потрібен досвідчений водій. Більшість вантажівок обладнані інерційними гальмами, і багато з них мають дві осі. Сімейство «Трейлер-8298» пропонує двовісні причепи зі здатністю піднімати вантаж вагою від 950 до 1015 кг. Ці причепи мають аналогічну конструкцію підвіски та кузова, різноманітність модифікацій, як у «трейлерів» середньої групи належності (8294). Завдяки значним розмірам і вантажопідйомності, ці причепи допоможуть тим, хто ними користується, легко окупити свої витрати на придбання. «Тонар-8310» є старшим братом і конструктивним аналогом моделі 8188. Цей двовісний причіп має 10-дюймові колеса і всі борти відкриваються. Окремі користувачі, які вже випробували цей «Тонар», исували скарги щодо на петлів бортів, оскільки важкий вантаж поступово розгинає їх. Водночас, для більшості приватних користувачів модель 8310 може бути занадто великою і незручною для зберігання (дишло не складається). Але для важливих перевезень бажано вибрати старші моделі із вазівськими колесами, таких як 83101 і 83102. «Тонар-86101», хоч і має одну ось, виглядає вражаюче. Колеса забезпечують зручність у керуванні та при процесі навантаження-розвантаження. У нього відкривається тільки один бік, але завдяки цьому кузов має менше "пульсацій". Версія 86101 має відсутність гальм; важливо відзначити, що це може бути оптимальним вибором для приватних осіб, якщо гараж для автомобіля великий достатньо.

1.2. Специфіка причепа виробництва «Еней VO2011»

Одновісний причіп «Еней VO-2011» оснащений металевим кузовом та відповідним днищем, а також тентом, виготовленим з тканини "ТЕЗА". Він призначений для буксирування будь-якими легковими автомобілями, які мають кульовий тип тягово-зчіпного пристрою і штепсельну розетку для підключення вилки електрообладнання причепа. Тент може бути легко знятий з причепа; протиударні борти причепа мають передній і задній відкриваються механізм; на дишлі причепа є замковий пристрій і страхувальні троси для з'єднання з буксирним пристроєм автомобіля; додаткове обладнання має масу 10 кг; колеса причепа винесені за борти; дишло - це А-подібний важіль, який закріплений на передній стороні рами. Загальний зовнішній вигляд причепа "Еней VO-2011"



Рисунок 1.1 Причеп «Еней VO-2011» (загальний вигляд)

Джерело: [15]

Таблиця 1.1.

Назва параметру	Значення
Повна маса, кг	750
Споряджена маса, кг	145
Вантажність, кг	650
Довжина вантажної платформи (внутрішня)	1940
Ширина вантажної платформи (внутрішня)	1090

Кількість осей	1
Вісь	Квадратна труба 50x50x4 мм
Тип підвіски	Ресора
Розміщення коліс	Зовні від платформи
Колеса	165-175 R13 (Україна)
Маточина	98x4 чавунна, Knott AutoFlex
Підшипники колісні	Дворядні кулькові 34x64x37 мм
Крила	Пластик, Knott (Польща)
Гальмівна система	Ні
Гальмо накату	Немає
Тип дишла	V-подібне, гнучий профіль
Опора дишла	Відкидна стійка. Опція - опорне колесо
Тип рами	Розбірна
Борти	290 мм, знімні
Матеріал бортів	Сталь оцинкована
Матеріал підлоги	Сталь оцинкована
Зчпний пристрій	750 кг, на кулю 50 мм, сталь оцинкована, AL-KO (Німеччина)
Фурнітура кузовна	Сталь оцинкована SPP (Польща)
Світлотехніка	Лампи розжарювання 12 В, передні габарити діодні, байонет (Польща)
Електрокабелі	2-х контурна електропроводка
Антикорозійний захист	Цинкування
Форми кріплення вантажу	Опція
Тент	Опція, 600 мм
Наявність тенту	Без тенту
Країна бренду	Україна

Джерело: [15]

Складна підставка призначена для зручного розвантаження та завантаження причепної одиниці, забезпечуючи її утримання горизонтально. З метою усунення

проблем зі зчепленням причепа, підставка обладнана специфічним малим колесом. Маточини коліс вважаються подібними до тих, які використовуються для легкових автомобілів, а камерні шини встановлюються на колеса. Важливо зауважити, що заборонено встановлювати на причіпах шини з неонаковими малюнками протекторів на одну вісь причепа.

1.2. Особливості підвісок причепів, застосовуваних до легкових автомобілів та підвіски причепа «Еней VO2011»

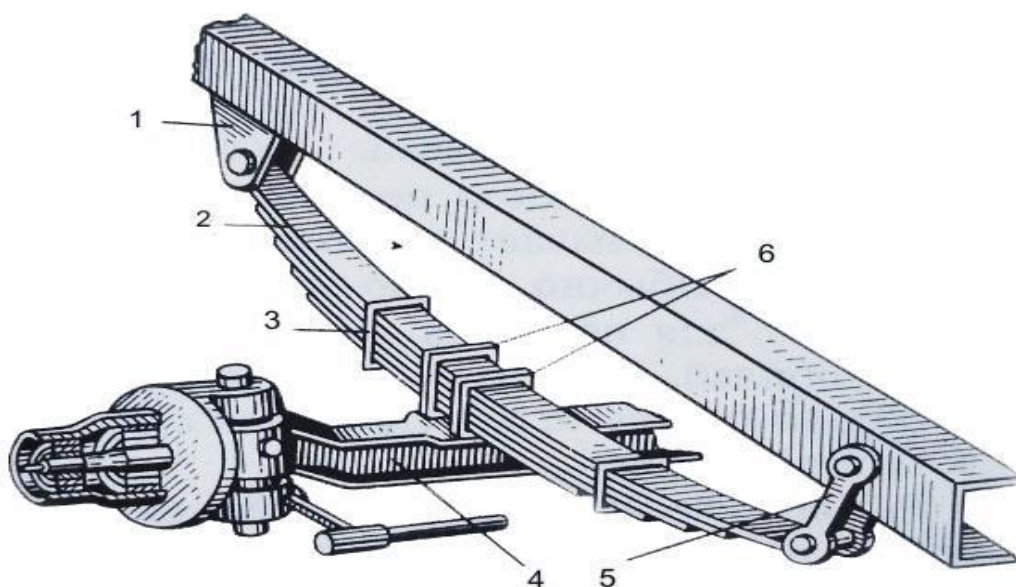
Незаперечним є той факт, що причепа до легкових автомобілів призначені для перевезення різноманітних вантажів. Ефективність збереження вантажу в процесі перевезення залежить власне від конструкції підвіски, яка амортизує динамічні впливи дороги на вантаж і поглинає коливання причепа, спричинені такими динамічними факторами. Підвіска має значний вплив як на причіп, так і на тягач, оскільки причіп з'єднаний з тягово-зчіпним пристроєм автомобіля. Основний обсяг причепів виготовлений з підвісками, ідентичними тим, що використовуються на самому автомобілі. Цей підхід сприяє використанню однакових запчастин для ремонту автомобільної підвіски, а також за потреби всього причепа. Також у деяких випадках можна використовувати запчастини підвіски причепа без необхідності заміни деталей автомобільної підвіски. Але в останній час конкурентна боротьба за споживача змусила виробників знижувати ціни на свої причепа, використовуючи стратегії спрощення конструкції окремих вузлів або підвищення їх надійності. Це призвело до виникнення підвісок на деяких причепах, які не зустрічаються на будь-яких автомобілях, включаючи легкові.

На сучасний момент одноосьові причепа для легкових автомобілів використовують різні типи підвісок, включаючи пружинну залежну, ресорну залежну, важільно-пружинну незалежну, резино-джгутову незалежну та торсіонну незалежну. Ресорна залежна підвіска має аналогічну конструкцію та обслуговування, що і задня підвіска легкових автомобілів ГАЗ і традиційних моделей автомобілів АЗЛК і ІЖ. Схема ресорної залежної підвіски наведена на рисунку 1.2. Вона складається з балки та поздовжніх напівеліптичних ресор, зазвичай оснащених гідравлічними амортизаторами. Ресори у підвісці виконують як функцію пружного елемента, так і направляючого елемента. Такий тип підвіски вирізняється високою надійністю та не

потребує частого обслуговування.

Важливо відзначити, що серед недоліків ресорної підвіски можна відзначити наступні проблеми: наявність тертя між листами, що призводить до характерного скрипучого звуку під час руху ресори; передчасний знос листів ресори; і нечутливість ресори до дрібних нерівностей дороги, що особливо важливо для причепів з колесами діаметром 10 дюймів.

КОНСТРУКЦІЯ ЗАЛЕЖНОЇ ПІДВІСИ

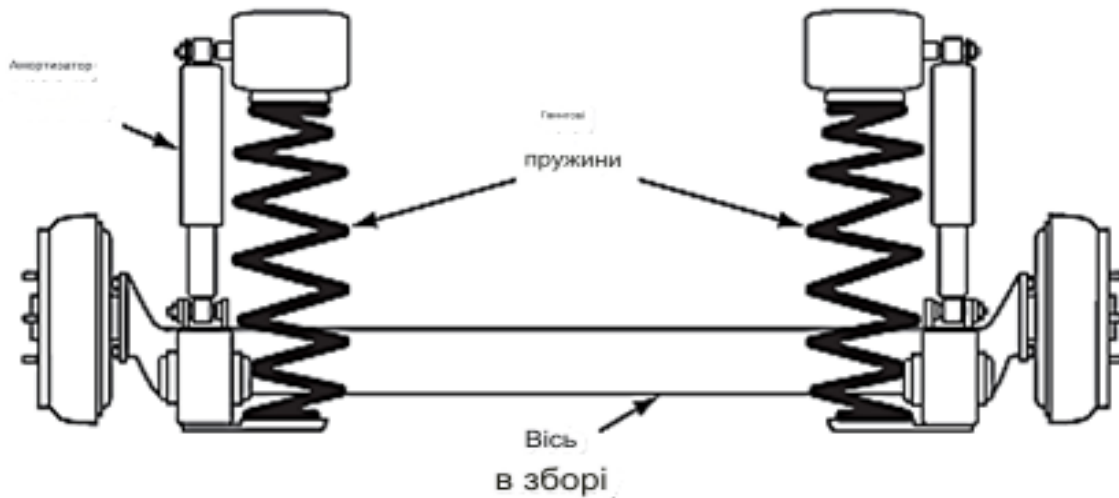


1 – кронштейн ресори; 2 – листовая ресора; 3 – пружинна пряжка; 4 – балка переднього мосту; 5 – скоба пружини; 6 – П-подібний болт

Рисунок 1.2. Ресорна залежна підвіска (конструкція)

Джерело: [24]

Конструкція пружинної залежної підвіски для причепів легкових автомобілів аналогічна підвісці класичної компоновки легкових автомобілів ВАЗ. На рисунку 1.3 зображена схематично пружинна підвіска причепа .

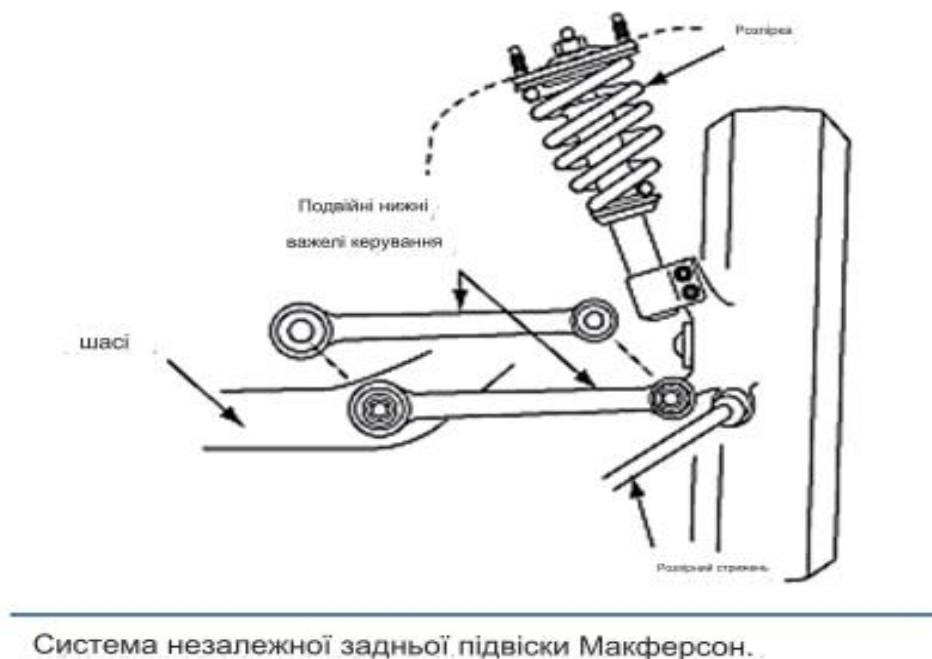


Напівнезалежна система задньої підвіски з гвинтовими пружинами та окремо встановленими амортизаторами.

1- балка (вісь), 2 – амортизатор, 3 – пружини

Рисунок 1.3. Пружинна залежна підвіска причепа (конструкція)

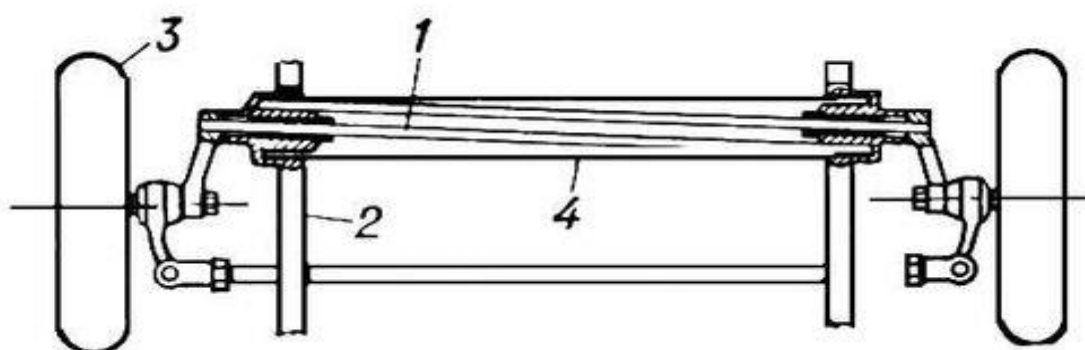
Суттєва відмінність між пружинною залежною підвіскою та ресорною полягає в тому, що вона використовує пружини як пружний елемент, а також дві інколи три поздовжні і одну поперечну реактивну тягу як направляючий елемент. Процес виготовлення пружинної підвіски є простим, але вона вимагає складнішого обслуговування, оскільки гумові елементи в шарнірах чи сайлент блоках, що з'єднують тяги з балкою моста і кузовом, часто потребують заміни. Важелі власне пружинної незалежної підвіски, як показано на рис. 1.4, можуть бути поздовжніми або поперечними, а також включати як гідравлічні амортизатори, так і циліндричні пружини.



амортизатор (1), пружина (2), важіль (3)

Рисунок 1.4. Важільно-пружинна незалежна підвіска причепа (конструкція)

Пружинні елементи підвіски на причепах мають значні робочі ходи, що забезпечує більшу плавність ходу порівняно з ресорами. Використання таких елементів у окремих легкових автомобілях є безсумнівно доцільним. Однак, необхідність їх використання на причепах можна пояснити простотою виготовлення та необхідністю уніфікації з підвіскою автомобіля-тягача. Торсіонна підвіска є найбільш обґрунтованим вибором для підвіски причепів легкових автомобілів, бо пружинний елемент цієї системи не видається більш складним ніж пружина у виготовленні. На рисунку 1.5 представлена схема цього виду підвіски для причепа легкового автомобіля.



Торсіони(1), важіль (2), колесо (3), корпус (4)

Рисунок 1.5. Торсіонна підвіска причепа (конструкція)

Підвіска, яка працює на засаді кручення, включає в себе поперечні пружні металеві компоненти, які монтується на кузові, де фіксується один край торсіона, тоді як протилежний - приєднаний до кузова через маятниковий важіль, що має маточину, з'єднану з амортизатором. Для досягнення необхідного ходу підвіски використовується регулювання довжини торсіона. Хід підвіски може бути обмеженим, але при цьому вона в змозі ефективно поглиблювати динамічні удари від дороги, негативно не впливаючи на тягач. Торсіонна підвіска має низку невід'ємних переваг порівняно з іншими конструкціями: забезпечує комфортне перевезення вантажів завдяки меншим безпружинним масам; характеризується меншим відстанню між віссю і рамою причепа; вимагає менших витрат на технічне обслуговування або взагалі може обійтися без нього. З конструктивної точки зору, ця підвіска подібна до передньої підвіски автомобіля ЗАЗ-968. В останній час резино-джгутова підвіска набула популярності як альтернатива торсіонній підвісці на причепах для легкових автомобілів.

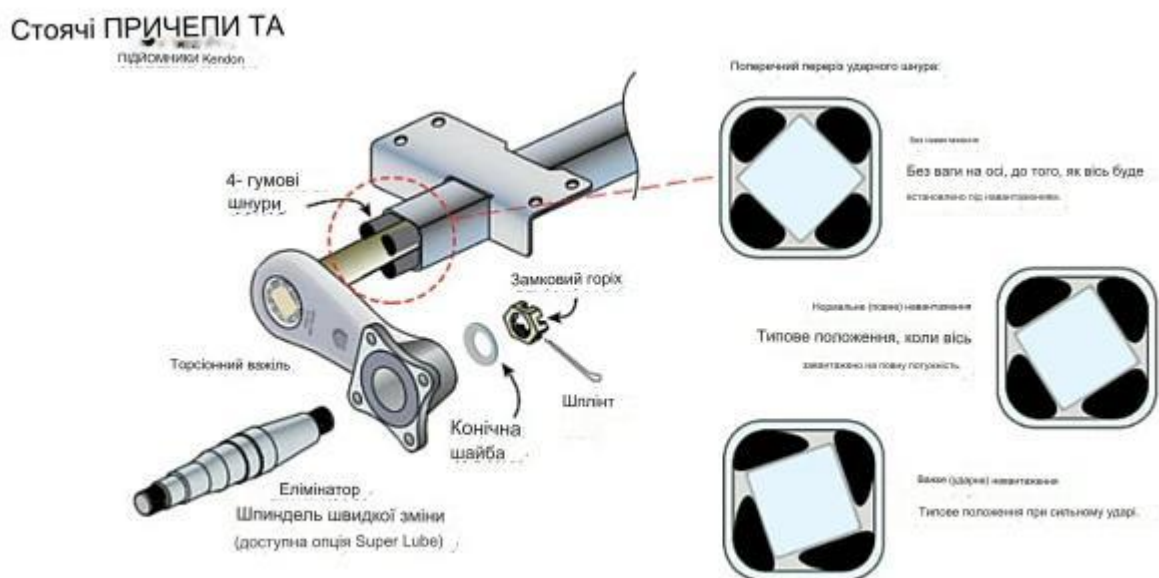


Рисунок 1.6. Резино- джгутова підвіска причепа (конструкція)

Підвіска на резино-джгутовій основі використовується на причепах з повною масою від 800 аж до 2600 кг. У такій підвісці резино-металевий пристрій виконує роль торсіона, де гумові пружні елементи функціонують за принципом стиснення. Це дві труби квадратного або іншого профілю, між якими розташовані гумові джгути паралельно осі труб. При обертанні труб гумові джгути стискаються, забезпечуючи ефект пружності підвіски. Цей тип підвіски широко використовується в країнах

Європи. Його основні компоненти включають зовнішню трубу, внутрішню трубу, три гумові джгути і важіль-балансир. Гумові елементи виконують дві функції: діють як пружини та направляють колеса, тому ця підвіска не вимагає використання підшипників, а також є більш доступною виготовленням та обслуговуванням, оскільки не потребує регулярного догляду і мастила [3, с.117].

Початок форми

Доцільно зауважити, що резино-джгутова підвіска має свої недоліки, серед яких варто відзначити невеликий хід. Це означає, що така підвіска короткоходова і саме це призвело до її поширення в причепах. Також до недоліків цієї підвіски можна віднести проблему виготовлення профільованих труб, які можуть бути виготовлені лише на великих спеціалізованих підприємствах. Тому не дивно, що вітчизняні виробники причепів для легкових автомобілів використовують резино-джгутові підвіски, виготовлені підприємствами Західної Європи. Необхідно визнати той факт, що переваги резино-джгутових підвісок також суттєві: висока енергоємність, яка вимагає використання амортизаторів; велика тривалість експлуатації, обмежена лише часом служби гумових джгутів, які протягом довгого періоду не втрачають своїх властивостей; незначні витрати на технічне обслуговування або повна його відсутність [2, с.303].

1.3. Особливості підвісок причепів, застосовуваних до легкових автомобілів та підвіски причепа «Еней VO2011»

Причіп «Еней VO-2011» має підвіску, яка є аналогічною до задньої підвіски вазівських легкових автомобілів класичної компоновки. Вона є пружинною залежною підвіскою та є оснащена конструкцією, яка показана на рисунку 1.7, так само як і багато інших причепів цього типу.

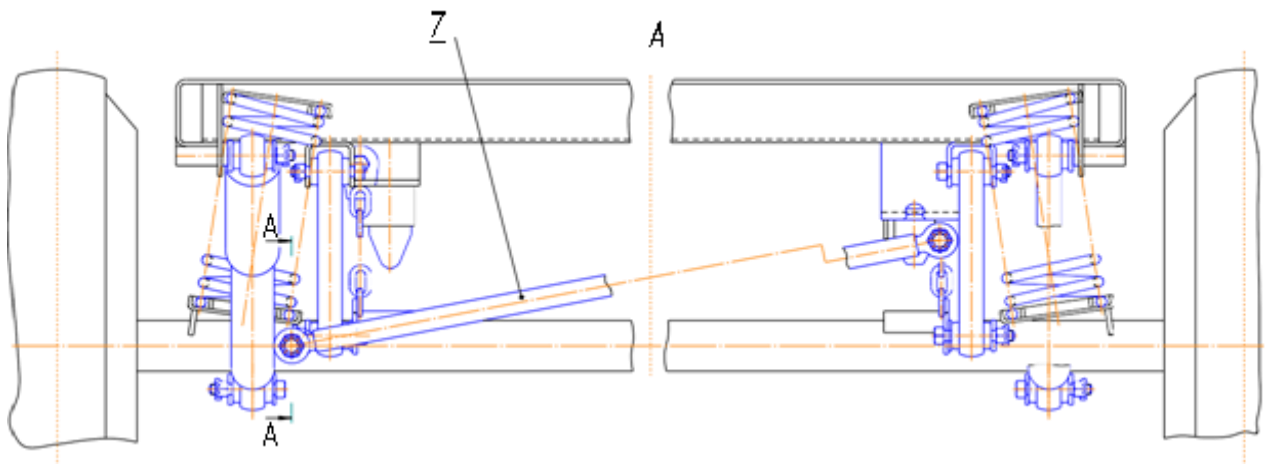
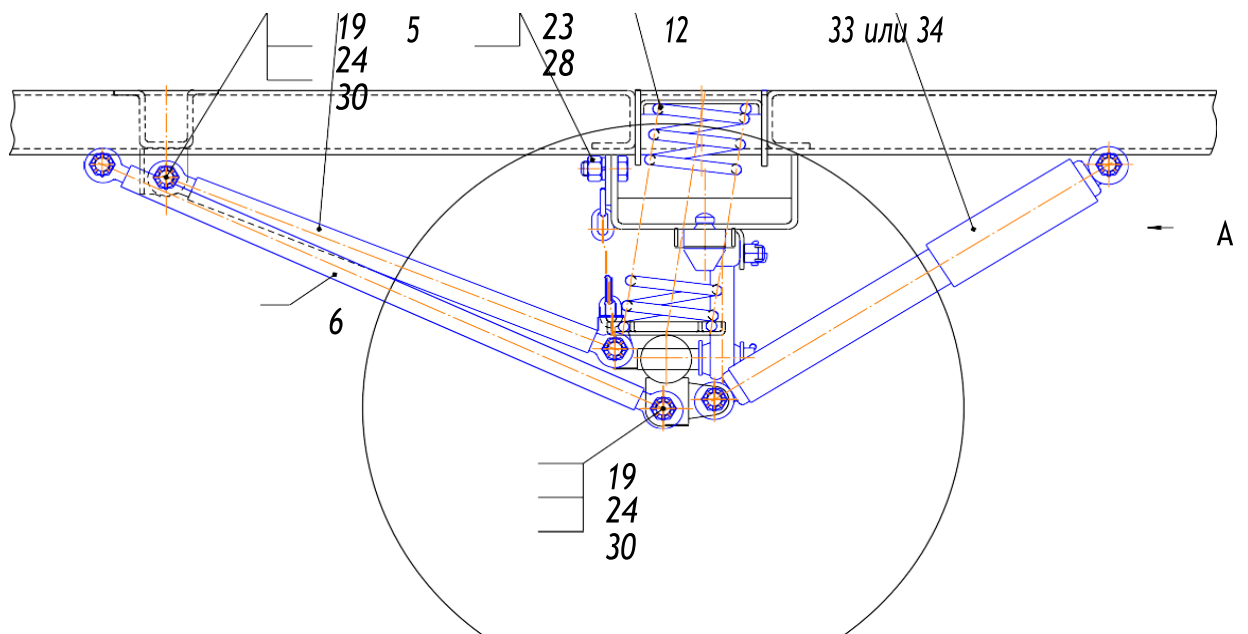


Рисунок 1.7. Конструкція підвіски (причіп «Еней VO-2011»)

Для підвіски використовуються дві циліндричні пружини з дроту круглого перетину діаметром 11 мм, які виготовлені з високовуглецевої сталі 60С2А. Крайні витки пружин підігнані до робочих витків, що формують опорні витки. Ці опорні витки опираються на опорні чашки, які прикріплені до рами та балки осі причепа. У кожній опорній чашці розташоване кільце, висота якого дорівнює висоті опорного витка пружини, а діаметр трошки менший за внутрішній діаметр пружини. Отже, це кільце використовується для центрування пружини в чашці та ефективного перенесення динамічних навантажень при контакті з дорожнім покриттям.

Пружини, розташовані між чашками рами та балкою осі, утримуються в положенні за допомогою силового замикання в вертикальному напрямку. З метою уникнення випадіння пружин підвіски під час відскоку, використовуються ланцюги 4, які

з'єднують раму причепа і балку осі. Довжина ланцюгів обрана так, щоб при їх напруженні пружини підвіски піддавалися деформації, створюючи тягучі зусилля приблизно 10 кг. Динамічний хід пружин обмежується гумовим буфером 13, який виступає у ролі верхнього обмежувача ходу. Гумовий буфер має спеціальну конфігурацію, що забезпечує прогресивні характеристики у пружині. Під час ударів, коли балка осі причепа деформує буфер, сила його пружного опору не зростає лінійно, але відбувається за законом геометричної прогресії. Взаємодія спеціально формованих пружин та гумових буферів забезпечує нелінійні пружні характеристики підвіски причепа, особливо в області динамічних рухів.

Реактивні тяги є напрямним елементом залежної пружинної підвіски, який передає зусилля в поздовжньому та поперечному напрямках. У підвісці причепа "Еней" є чотири такі тяги: три поздовжні та одна поперечна. Поздовжні тяги передають тягові та гальмівні зусилля від автомобіля-тягача від рами до балки осі причепа, а поперечна - бічні зусилля.

Кожна тяга обладнана наконечниками, які мають отвори і з'єднуються з пальцями на балці осі або рамі за допомогою гумових втулок. Цей шарнір називається сайлент-блоком, який гасить динамічні удари, які передаються тягою власне до кузова причепа.

Недоліком цього виду підвіски є те, що з часом гумові втулки сайлент-блоків втрачають свою ефективність і вимагають заміни.

Рисунок 1.8 показує типову конструкцію сайлент-блока причепа.

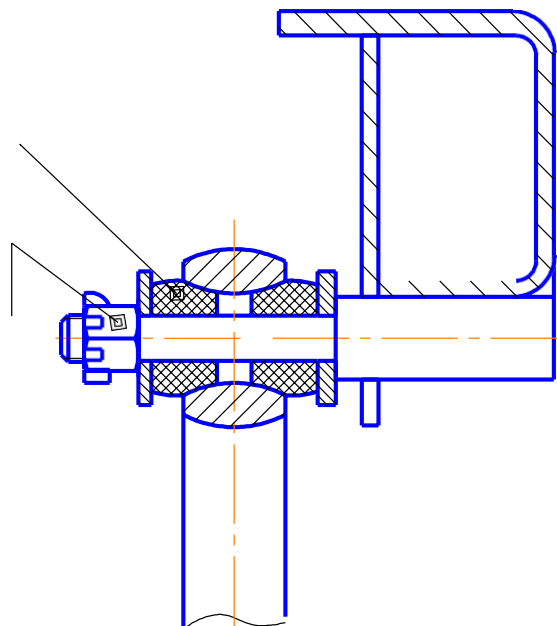


Рисунок 1.8. Конструкція сайлент-блока (причіп «Еней VO-2011»)

Однією з характерних рис з'єднання поздовжніх тяг з рамою та балкою осі причепа є те, що дві з них прикріплені до балки осі зверху, тоді як одна знаходиться внизу. Розташування шарнірів тяг вибрано таким чином, щоб при їх з'єднанні вони утворювали прямі лінії, утворюючи трапецію. Такий спосіб кріплення реактивних тяг необхідний для того, щоб при підніманні або опусканні балки осі вона оберталася навколо своєї осі під таким кутом, при якому пружини зберігали б положення. Це дозволяє централізовано передавати вертикальні сили від дороги на раму причепа. Таким чином, реактивні тяги виконують функцію направляючих. У цій підвісці причепа для поглиблення коливань кузова використовуються гідравлічні амортизатори, які згладжують динамічний вплив нерівностей дороги на кузов причепа та усувають коливання, викликані силами пружності пружин. Амортизатори, які використовуються в підвісці причепа «Еней VO-2011», є телескопічними амортизаторами двостороннього дії, які використовують гідравлічний опір для гасіння коливань. Вони кріпляться до кузова та балки осі причепа за допомогою сайлент-блоків, які потребують періодичного огляду та заміни. Також самі амортизатори потребують періодичного огляду та заміни, оскільки гумові ущільнення можуть зноситися та призводити до витікання амортизаторної рідини. Якщо амортизатор вийшов з ладу, його слід замінити або відремонтувати, щоб уникнути збільшення коливань кузова причепа та погіршення умов перевезення вантажу.

Зважаючи на викладене вище, неважко зробити висновок, що підвіска причепів «Еней VO-2011» з пружинною залежною системою відрізняється своєю простотою та високою надійністю. Однак, наявність сайлент-блоків зобов'язує власників причепів слідкувати та регулярно замінювати гумові елементи цих вузлів. Ще одним значущим недоліком підвіски причепа є відносно порівняльно велика вантажопідйомність.

Зниження висоти причепа для забезпечення стабільності під час їзди з високими швидкостями представляє собою завдання значної складності. У поточній конструкції підвіски пружини вже вбудовані у раму, тому зменшення висоти причепа без зміни висоти пружини є трудносильним. Проте таку можливість може надати торсіонна підвіска причепа. Торсіонні підвіски широко використовуються в автотранспорті який не вимагають особливої плавності ходу. Вони також застосовуються у техніці зі сфери військового користування і можуть повністю задовольнити потреби причіпної техніки. У минулому такий вид підвісок використовувався на деяких легкових автомобілях, таких як Фольксваген «Жук», деякі моделі таких автомобілів як «Рено», «Сітроен»,

«Пежо» і Також українські автомобілі, наприклад, ЗАЗ-968, оснащувалися торсіонною підвіскою передніх коліс. Головною перевагою підвіски цього виду є її компактність, що особливо цінно для передньопривідних легкових автомобілів, оскільки торсіони не перешкоджають передавати крутний момент на передні привідні колеса. Це також важливо при аналізі причепів, оскільки це дозволяє знизити центр тяжіння і забезпечити більшу стійкість причепів при експлуатації. Вищезазначений вид підвісок також відрізняються високою надійністю. Згідно з досвідом використання військових авто та цивільної техніки, ці підвіски рідше ламаються порівняно з традиційними пружинами і ресорами, навіть при експлуатації з перевантаженням. Але, при цьому, стрижні можуть втратити пружність під впливом навантаження, що призводить до прогину кузова та відчутного збільшення жорсткості підвіски. Щоб подовжити термін експлуатації елемента, який втратив пружність на автомобілях із торсіонною підвіскою, використовується механізм регулювання кута закручування торсіона.

У підвісках цього виду можна використовувати різні види тріснуб: суцільні круглого, квадратного або шестигранного перетину, а також складальні, які складаються з декількох елементів прямокутного або круглого перетинів. Складальні торсіони є більш надійними, ніж торсіони суцільного перетину, і забезпечують більш низьку жорсткість. Жорсткість набірного торсіона на 20% нижча, ніж жорсткість суцільного. Набірні торсіони мають значно меншу довжину, що є ще однією перевагою перед суцільними. На користь використання торсіонної підвіски на причепах для легкових автомобілів свідчить той факт, що останнім часом на причепах стало популярним використання резино-джгутової підвіски. Виробники цієї підвіски рекламують її як вічну, проте українські виробники поки не готові самостійно розробити і виготовити таку підвіску. Зазвичай на причепах для легкових автомобілів використовують імпорتنу резино-джгутову підвіску, тому вона не доступна більшості вітчизняних споживачів. Найбільш реалістичним шляхом для українських виробників, які прагнуть підвищити надійність і якість своїх причепів, є використання торсіонної підвіски зі складальним торсіоном.

Встановлення такого виду підвіски на причіп "Еней VO-2011" дозволить зменшити висоту вантажу, знизити центр тяжіння та покращити стійкість на дорозі при високій швидкості, зменшити вагу причепа та зробити його більш надійним.

Отже, після ретельного аналізу унікальних характеристик причепа для легкових автомобілів виробництва "Еней", особливостей використовуваних на ньому підвісок та ключових аспектів конструкції підвіски, ми пропонуємо внести зміни до дизайну

підвіски причепа "Еней VO-2011" з метою підвищення його ефективності при експлуатації.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

У розробленій конструкції торсіонної підвіски причепа «Еней VO-2011» особливою є її простота, що дозволяє виготовляти її на підприємстві ВАТ «ПО Еней». Найбільш складним елементом є поздовжній важіль, який складається з двох труб, приєднувальних пластин та цапфи осі поздовжнього важеля. Однак, всі елементи, окрім зазначеної цапфи, загалом можуть бути виготовлені за допомогою технологічних прийомів, що використовуються на підприємстві. Тому основний інтерес полягає у розробці технології виготовлення цапфи поздовжнього важеля, що буде враховано в проекті.

2.1. Деталь "Цапфа важіль": основні характеристики

Необґрунтованим є той факт, що компонент "Цапфа важіль" виступає як ключовий елемент поздовжнього важеля торсіонної підвіски причепа "Еней VO-2011" для легкових автомобілів. Його основне призначення полягає в переході від основної труби поздовжнього важеля до шарніру, який кріпить поздовжній важіль до рами причепа. Структуру цього компонента і його основні робочі поверхні можна побачити на Рисунку 2.1.

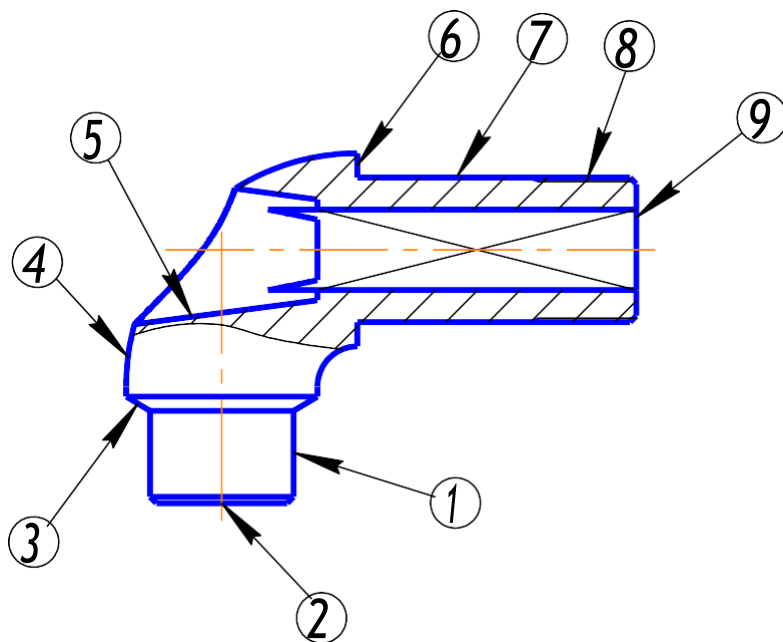


Рисунок 2.1. Деталь «Цапфа важіль» (конструкція)

Поверхня 1, відображена на рисунку, представляє собою зовнішню циліндричну поверхню настановної шийки. Ця поверхня використовується для позиціонування деталі у головній трубі поздовжнього важеля. Діаметр цієї поверхні складає 36 мм і відповідає допуску 14-го класу точності, при цьому шорсткість не може бути менше

Ra12,5 мкм. Можна використовувати просте гостріння для обробки цієї поверхні. Важливо, щоб ця поверхня залишалася перпендикулярною до осі поверхні 5 в рамках встановлених допусків на відхилення взаємного положення поверхонь. Поверхня 2, представлена на рисунку, це плоска поверхня торця настановної шийки. Вона не має контакту з іншими поверхнями в з'єднанні, але може служити як база для установки при обробці поверхні 1. Цю поверхню обробляють за допомогою підрізки на токарному або фрезерно-центрувальному верстаті, з виконанням центрувальних отворів в настановній шийці. Шорсткість поверхні також не може бути менше Ra12,5 мкм. Поверхня 3 - це поверхня конічної фаски, яка необхідна для з'єднання зварного шва під час зварювання до труби поздовжнього важеля.

На виконання кута конуса, форми і чистоти поверхні не накладаються особливі вимоги. Ця поверхня може бути оброблена гострінням на токарному верстаті. Поверхня 4 - це зовнішня поверхня тора перехідної частини деталі, яка не піддається обробці механічного типу. Ця поверхня формується під час формоутворення заготовки деталі та не має з'єднання з іншими поверхнями в цьому вузлі. Поверхня 5 є внутрішньою конічною поверхнею, яка не обробляється механічно. Ця конічна форма допомагає зменшити довжину поверхонь, які піддаються механічній обробці, і формується під час формоутворення заготовки для деталі. Поверхня 6 являє собою торцеву плоску поверхню шийки власне осі поздовжнього важеля. При взаємодії вона взаємодіє з поверхнею наполегливої шайби і може обертатися навколо поверхні наполегливої шайби. Ця поверхня повинна бути абсолютно перпендикулярною до осі поверхні 7, торцеве биття повинно бути мінімізоване. Вимоги до чистоти цієї поверхні високі і не можуть бути менше Ra3,2 мкм. Обробка цієї поверхні може бути виконана як у форматі шліфування, так і тонкого точіння. Поверхня 8 представляє зовнішню різьбову поверхню для прорізних гайок М36. Вона повинна відповідати полю допуску 7g з точністю і мати шорсткість не менше Ra3,2 мкм. Обробка цієї поверхні може бути проведена з використанням токарного верстату принаймні двома проходами.

Поверхня 9 є плоскою торцевою поверхнею шийки осі важеля. Вона не взаємодіє з будь-якою іншою поверхнею в узлі і, отже, не має суттєвих вимог до точності, чистоти і розташування. Однак ця поверхня може служити базою для обробки поверхонь 6, 7 і 8. Обробка поверхні 9 може виконуватися підрізкою на токарному або фрезерно-центрувальному верстаті, з виконанням центрувальних фасок в отворі шийки осі.

Дослідження головних поверхонь деталі свідчить про те, що на підприємстві, яке спеціалізується на цьому, можна обробити деталь на наявному обладнанні. Однак, єдиним питанням для будь-якого підприємства могло би стати виробництво заготовок для деталі. Якщо використовувати виливки як заготовки, то отримання основних поверхонь формоутворення деталі складне за допомогою інших методів, таких як кування чи гаряче штампування.

Рисунок 2.2 демонструє конструкцію заготовки для деталі "Цапфа важіль».

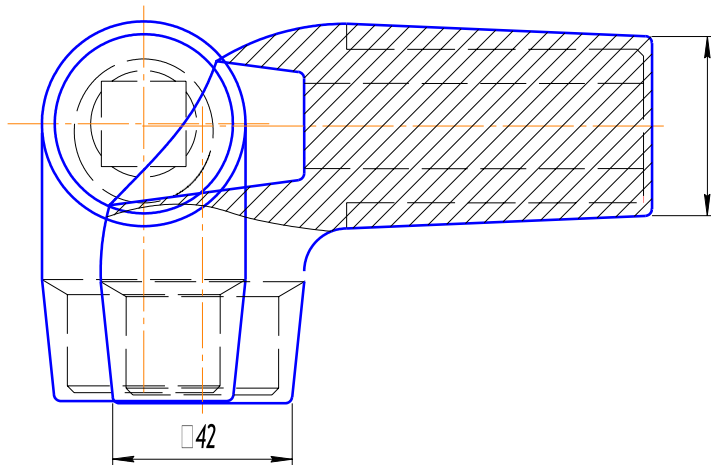


Рисунок 2.2. Заготовка деталі «Цапфа важель» (конструкція)

Перевагою лиття є той факт, що деталь не має поверхонь з високою твердістю, які потребують використання високовуглецевих якісних сталей. Саме таке виготовлення заготовки з вказаної вище ливарної сталі 35Л дозволяє отримати поверхні необхідної якості і забезпечити витачене з'єднання деталі з головною трубою поздовжнього важеля

2.2. Опис технологічного процесу виготовлення

Першим кроком у механічній обробці заготовки деталі "Цапфа важеля" є виконання операцій для отримання настановочних баз заготівлі. В якості настановочних баз для обробки поверхонь 1, 3, 6 і 7 використовуються торцеві поверхні 2 і 3, а також центрові отвори, які вже присутні в заготівлі. Для цих операцій використовується фрезерно-центрувальний верстат МР-71М та спеціальне пристосування тискового типу. Ріжучим інструментом є фреза торцева діаметром 45 мм з вставними пластинами Т5К10. Деталі операційного ескізу фрезерно-центрувальної операції можна знайти на рисунку 2.3.

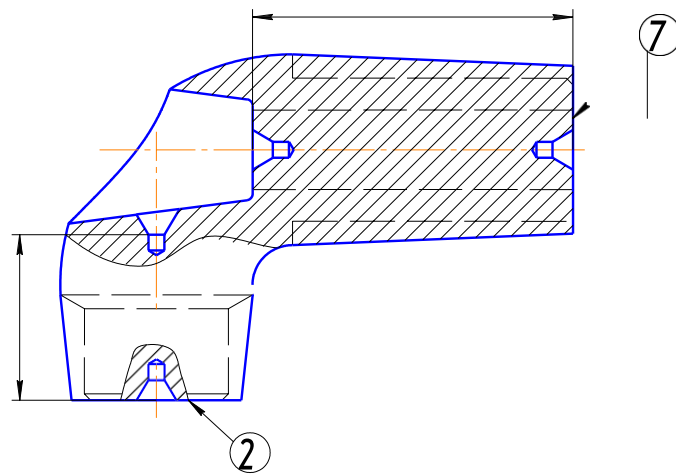


Рисунок 2.3. Фрезерно-центрувальна операція (операційний ескіз)

Для завершальної обробки робочих поверхонь 1 і 3, а також попередніх поверхонь 4 і 6 використовується токарно-гвинторізний верстат 16К20, з заготовкою, закріпленою в центрах за допомогою повідця. У якості інструменту використовується різець прохідний і підрізної з твердосплавними пластинами Т5К10. Схему токарної операції можна побачити на рисунку 2.4.

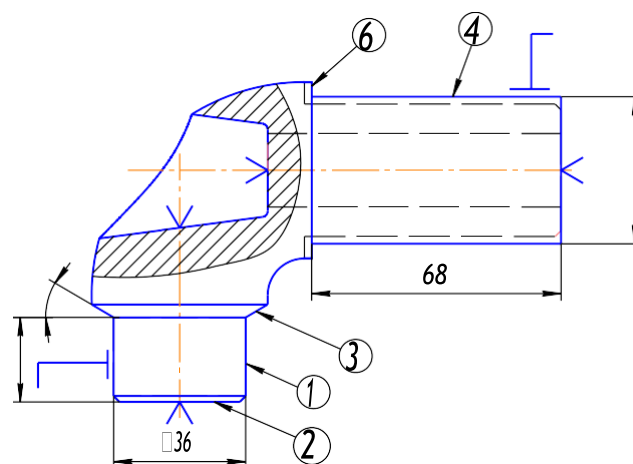


Рисунок 2.4. Токарна операція (операційний ескіз)

Як поверхня 4 так і 6, які були попередньо оброблені, використовуються як бази для обробки отворів квадратного перетину на поверхнях 10. Проте перед обробкою цих поверхонь необхідно опрацювати циліндричну внутрішню поверхню отвору діаметром 20 мм в цапфі осі важеля, одночасно виконуючи centruючі фаски у вхідну частину цього отвору. Фаски використовуються як бази для остаточної обробки поверхонь 4 і 6. Цю операцію слід виконувати на радіально-свердлильному верстаті 2Н135, закріпивши заготовку в спеціальному пристосуванні, з використанням свердла діаметром 20 мм і конічної зенковки з кутом 90° для виконання centruючих фасок. Операційний ескіз свердлильної операції можна побачити на рисунку 2.5.

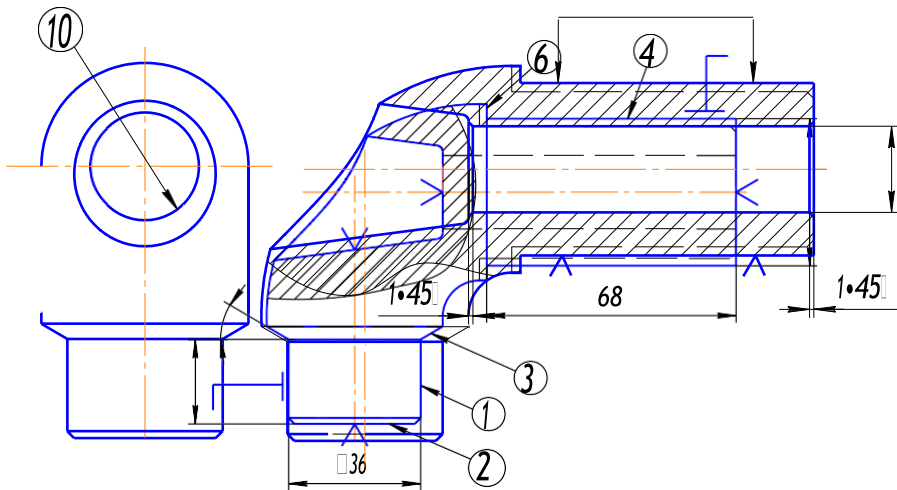


Рисунок 2.5. Сверлильна операція (операційний ескіз)

Для обробки поверхонь квадратного отвору з розміром сторони 20 мм використовується внутрішня циліндрична поверхня отвору діаметром 20 мм. Операцію виконують на вертикальному протяжливому напівавтоматі для внутрішнього протягування 7Б64 з використанням попередньо оброблених поверхонь 4 і 6 як настановної бази. Операційний ескіз протяжної операції можна побачити на рисунку 2.6.

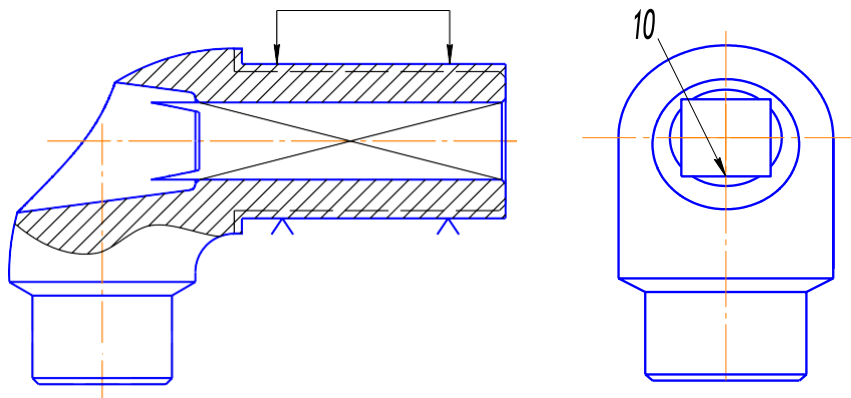


Рисунок 2.6. Протяжна операція (операційний ескіз)

Після виконання плоских поверхонь отвору квадратного перетину необхідно провести остаточну обробку поверхонь 4,5 та 6. Для цього використовуємо токарно-гвинторізний верстат 16К20 та установлюємо заготовку в центрах з повідцем.

Інструментом для обробки будуть різці прохідний та відрізний з твердосплавними пластинами Т5К10. Операційний ескіз токарної операції остаточної обробки поверхонь 4,5 та 6 можна побачити на рисунку 2.7.

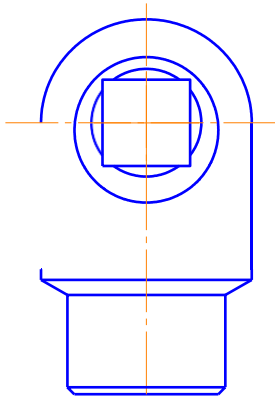


Рисунок 2.7. Токарна операція кінцевої обробки поверхонь 4, 5 і 6 (операційний ескіз)

Таким чином, для забезпечення необхідної якості деталі "Цапфа важіль" було розроблено та продемонстровано послідовність механічної обробки основних робочих поверхонь.

2.3. Торсіонна підвіска причепа «Еней VO-2011»: процедура складання

Для складання торсіонної підвіски причепа «Еней VO-2011» для легкових автомобілів не потрібно спеціального обладнання, оскільки всі компоненти підвіски мають невелику вагу і можуть бути зібрані за допомогою звичайного шурупверта. Для ефективної збірки причепів рекомендується організувати кілька складальних пунктів, кожен з яких може здійснювати повна збірка причепа. Процес складання торсіонної підвіски є важливою частиною загальної збірки причепа, і від її якості залежить надійність підвіски. Для збирання причепа та його підвіски необхідно мати перед собою скомплектовані компоненти, які мають бути розміщені на складальних постах у необхідній кількості. Основний процес збірки причепа розпочинається з установки складових власне підвіски на раму, і зазвичай монтаж підвіски проводиться, коли рама причепа перебуває у перевернутому положенні.

У такому стані рами можна забезпечити доступ до всіх точок збірки. Проте, для виконання процесу збірки необхідні відповідні підйомно-транспортні механізми, які дозволяють здійснювати кантування як зібраного шасі причепа так і самої рами перед початком процесу складання для подальшої збірки всього причепа. Отже, для виконання збору вищезазначеного виду підвіски причепа необхідні складальні пункти, котрі оснащені підйомно-транспортними засобами для здійснення кантування шасі причепа, а також повний комплект вузлів, підсистем і деталей, які

подаються на місце збору. Більшість експертів вважають, що до комплекту для збирання однієї торсійної підвіски повинні бути включені:

- рама причепа - 1 штука
- колесо причепа - 2 штуки;
- складальний підвузол I (Цапфа колеса в зборі з підшипниками і маточиною) - 2 штуки;
- подовжній важіль підвіски лівий - 1 штука;
- подовжній важіль підвіски правий - 1 штука
- комплект пластин набірного торсіона - 2штуки
- амортизатор - 2 штуки
- буфер обмеження динамічного ходу - 2штуки
- подушка осі важеля - 4 штуки
- тонкостінна втулка - 2 штуки
- наполегливі шайби - 4 штуки
- гайка розрізна - 2 штуки
- планка притискна - 4 штуки

Деталі кріплення підвіски постачаються на місце збору з запасом, при цьому кожен вид кріпильних елементів упаковується окремо [5, с. 97].

Початок процесу складання підвіски полягає у встановленні поздовжніх важелів підвіски безпосередньо на раму. Щоб досягти мети потрібно зібрати шарнірний вузол поздовжнього важеля. Структуру шарнірного вузла продемонстровано на малюнку 2.8.

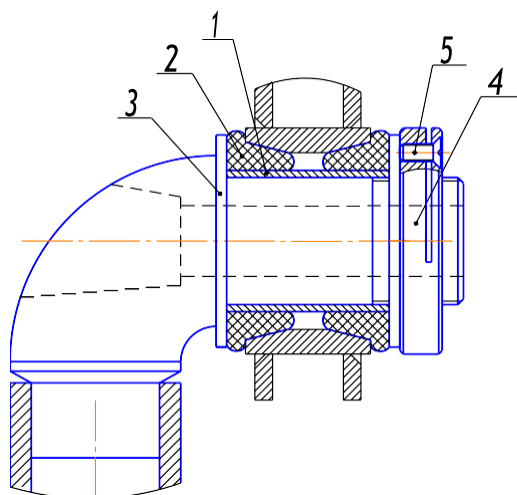


Рисунок 2.8. Шарнірний вузол з'єднання рами причепа та подовгастого важеля підвіски (конструкція)

Рисунок 2.8 ілюструє процес збирання циліндричної поверхні цапфи важеля. Спочатку тонкостінна втулка 1 та наполеглива шайба 3 встановлюються в обойму кронштейна рами подушки важеля 2. Далі вісь цапфи вставляється в обойму кронштейна рами, де вже встановлені подушки, і закривається з іншого боку другою наполегливою шайбою, після чого її затягують розрізною гайкою 4. Розрізна гайка 4 затягується спеціальним ключем до упору, а потім фіксується шляхом ввідворення гвинта гайки 5 в отвір. Гвинт 5 повинен бути зафіксований за допомогою фарби. Цей процес повторюється для складання шарнірного вузла поздовжнього правого важеля з рамою.

Після складання шарнірів поздовжніх важелів з рамою, трісні встановлюються на рамі та фіксуються. Пакет пластин набірного торсіона вставляється в квадратний отвір цапфи поздовжнього важеля так, щоб протилежний кінець пакету знаходився на одному рівні з краєм кронштейну кріплення торсіона на рамі.. Набірний торсіон слід орієнтувати таким чином, щоб пластини розташовувалися горизонтально в пакеті. Після монтажу тріснів необхідно закріпити їх на рамі за допомогою болтів і гайок М8, а також притискних планок. Контргайки слугують для закріплення різьбових з'єднань вузла кріплення торсіона виконується за допомогою контргайок. Рисунок 2.9 демонструє схему цього вузла на кронштейні рами.

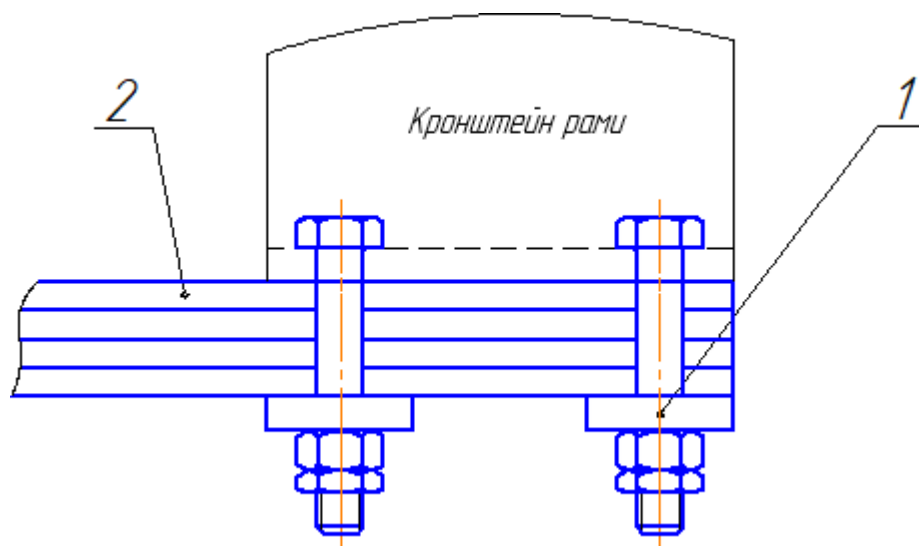


Рисунок 2.9. Вузол кріплення торсіону до рами причепа (схема)

Підвузол I, який включає в себе підшипниковий вузол колеса причепа (з цапфою колеса, підшипниками маточини колеса та самою маточиною колеса), прикріплюється до розташованих на рамі та зв'язаних з торсіонами поздовжнім важелем деталей підвіски. Цей підвузол I вирівнюється на приєднувальній пластині

поздовжнього важеля, центруючи бортик цапфи колеса в отворі приєднувальної пластини, і закріплюється на ній за допомогою болтів і гайок М10. Фіксація нарізного з'єднання виконується граверною шайбою. Колеса причепа монтуються на встановлену маточину колеса підвузла І. Встановлення амортизаторів і буфера обмеження динамічного ходу підвіски у випадку з торсіонною підвіскою взагалі не відрізняється від їх установки в пружинній підвісці причепа.

Отже, логічно зробити висновок, що процес збірки торсіонної підвіски вищезгаданого причепа «Еней VO-2011» може бути здійснена без використання спеціального обладнання, оскільки всім компонентам підвіски притаманна мала вага і можуть бути зібрані за допомогою звичайного шуруповерта.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Особливості розробки торсіонної підвіски

Вихідні дані для проектувального розрахунку торсіонної підвіски можуть бути отримані з технічної характеристики причепа «Еней VO-2011». До вихідних даних для проектувального розрахунку відносяться:

- навантаження, що припадає на ось завантаженого причепа $-2R^{2P}$;
- навантаження, що припадає на ось спорядженого причепа $-2R^{CH}$;
- жорсткість пружинної підвіски причепа $\frac{np}{n}$
- максимальне відхилення колеса причепа в вертикальному напрямку $-f_{k\max}$
- рух ввєрх-вниз колеса при повному завантаженні причепа (деформація підвіски через вантаж) f_{k0} .

Із технічних параметрів причепа ми визначаємо, що вантаж, що припадає на вісь завантаженого причепа, складає $2R^{2P} = 600 \text{ кг} = 5880,0 \text{ Н}$, навантаження на кулю тягово-зчіпного пристрою $R_{CU} = 50 \text{ кг} = 490,0 \text{ Н}$.

Використовуючи ці дані, а також знаючи повну і споряджену вага причепа, вага вантажу можна встановити навантаження на вісь спорядженого причепа.

$$M^{2P} = 600 \text{ кг} = 5880,0 \text{ Н}; M^{CU} = 145 \text{ кг} = 1421,0 \text{ Н}; M = 330 \text{ кг} = 3237,3 \text{ Н}$$

Розміри точок докладання зусиль при навантаженні причепів наведені на рисунках 3.1 та 3.2.

Згідно зі схемою, зображеною на малюнку, отримана координата центру ваги завантаженого причепа збігається із координатою центру ваги вантажу, яка розташована на осі симетрії кузова причепа. Це вказує лише на те, що центр ваги завантаженого причепа має координату

$$x^{CH} = 165 \text{ мм} = 0,165 \text{ м}. \tag{3.1}$$

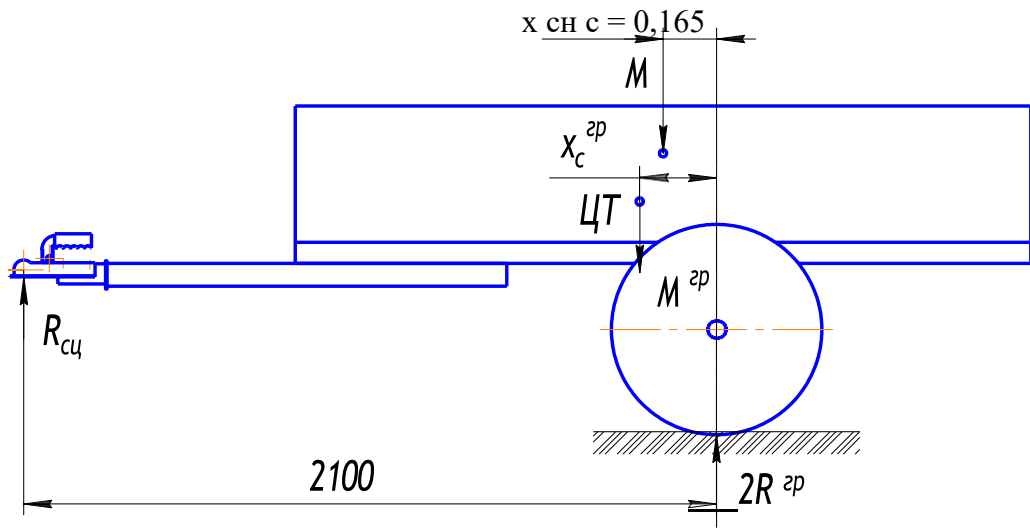


Рисунок 3.1 - Навантаження навантаженого причепа (схема)

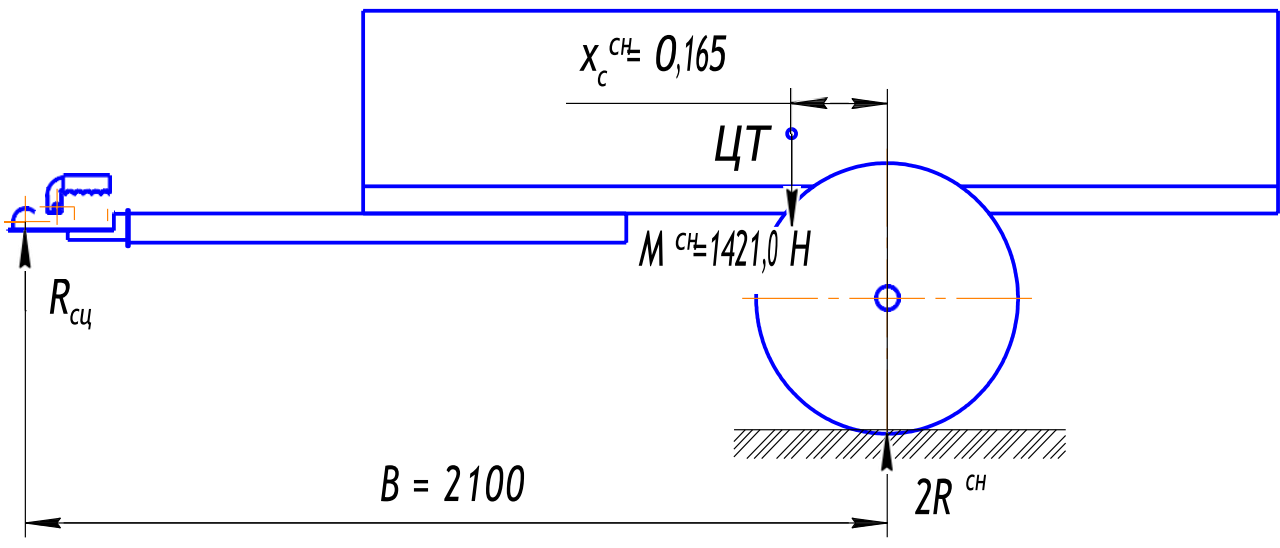
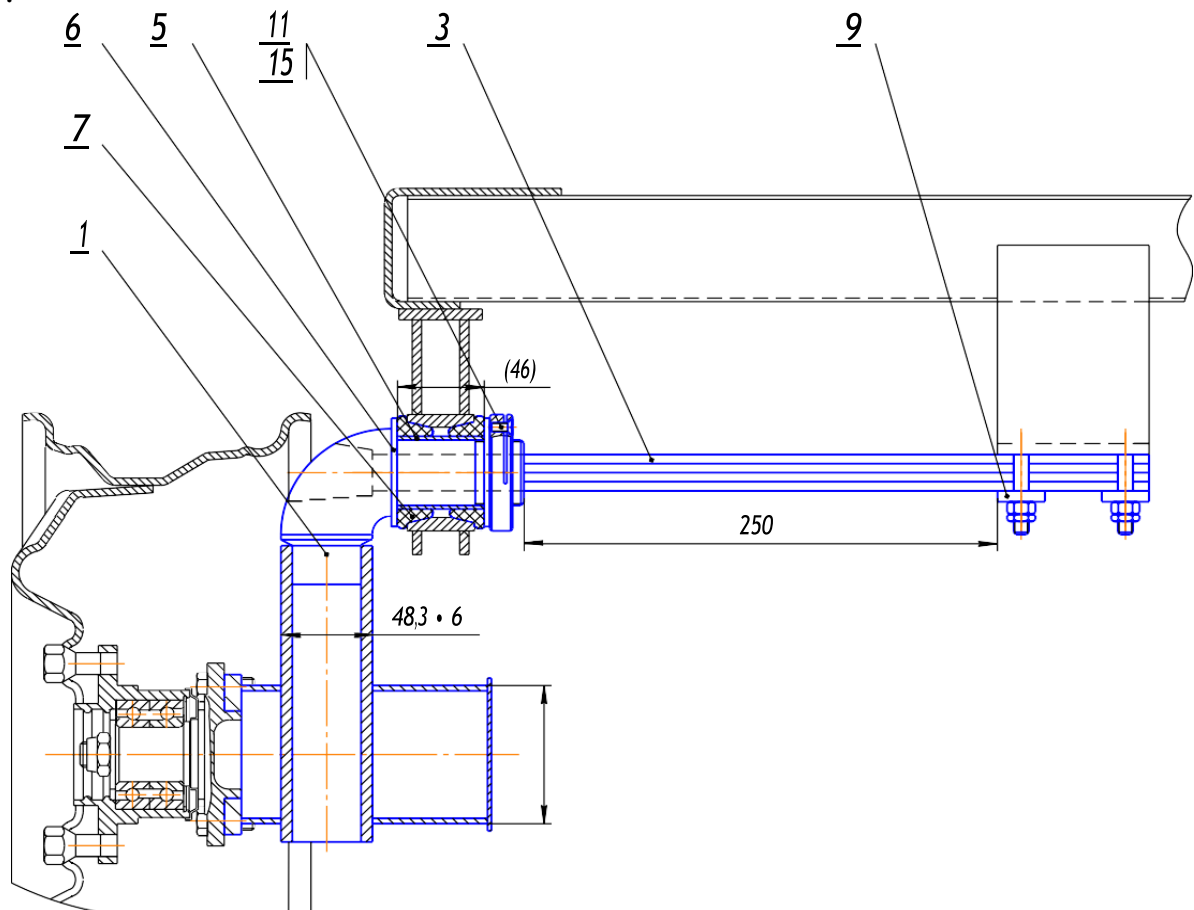


Рисунок 3.2. Навантаження спорядженого причепа (схема)

За допомогою координати центру ваги завантаженого причепа та схеми навантаження, представленої на рисунку 3.2, можна визначити навантаження на вісь причепа у спорядженому стані.

3.2. Специфіка конструкції модернізованої торсіонної підвіски причепа «Еней VO-2011» з розрахунком міцності поздовжнього важеля торсіонної підвіски

Підвіска для причепа "Еней VO-2011" із оновленими пружними характеристиками є повноцінним еквівалентом пружинної підвіски, так як забезпечує аналогічний хід коліс причепа, подібний до того, що відбувається при використанні пружинної підвіски. Однак конструктивно торсіонна підвіска відрізняється від пружинної. У пружинній підвісці колеса причепа кріпляться до цапф балки осі за допомогою двох циліндричних пружин, тоді як в торсіонній підвісці кожне колесо має свою цапфу поздовжнього важеля. Іншими словами, пружинна підвіска є залежною, тоді як торсіонна є незалежною. У незалежній підвісці кожне колесо причепа з'єднане з рамою за допомогою свого поздовжнього важеля, який коливається навколо своєї осі, тому хід колеса не залежить від вертикальних реакцій дороги на інші колеса. Поздовжній важіль передає всі навантаження, які діють на колесо з боку дороги, на раму причепа, включаючи як вертикальні, так і горизонтальні. На малюнку 3.3 представлено вертикальний розріз оновленої торсіонної підвіски причепа «Еней-VO11».



3.3. Торсіонна підвіска (поздовжній розріз)

Підвіска 1 має великий важіль, складений з двох зварених труб: одна розміром $48,3 \times 6$, а інша - 76×3 . У верхній частині важеля розташована цапфа осі, яка приварена до конструкції у формі літери "Г". У нижній частині є пластина цапфи для з'єднання трубопроводів колеса причепа. Цапфа колеса кріпиться до пластини за допомогою болтів М10, які захищені спеціальним замком, щоб уникнути зсуву, аналогічно до з'єднання цапфи колеса з балкою задньої осі автомобіля.

Поздовжні важелі торсіонної підвіски є основними структурними елементами, які повинні переносити всі навантаження, що передаються на них від коліс причепа. Вони спроектовані так, щоб витримувати складне навантаження і одночасно можуть піддаватися згинальним моментам у вертикальній і горизонтальній площині, а також крутному моменту. Малюнок 3.4. демонструє схему навантаження вищезгаданого важеля (поздовжнього) торсіонної підвіски.

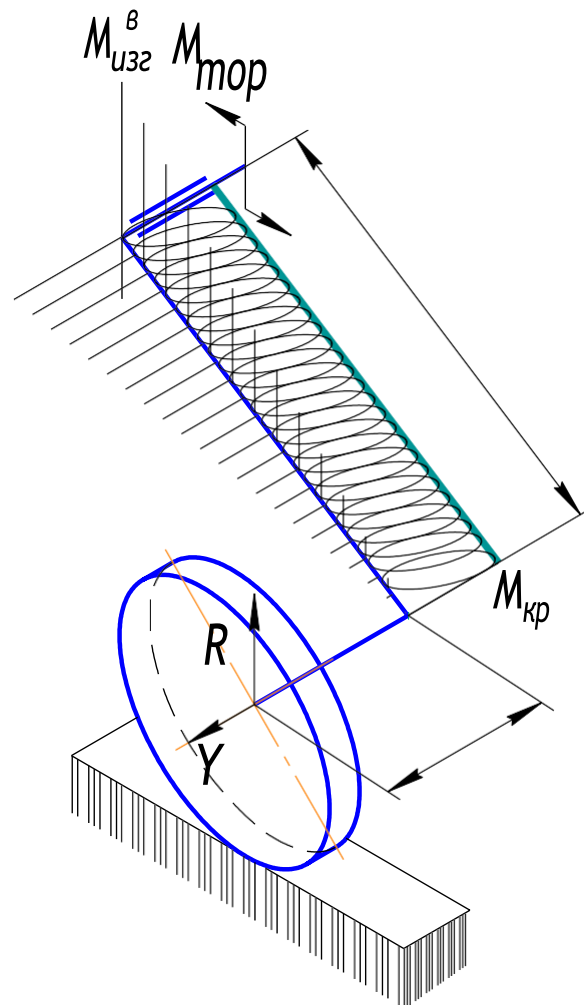


Рисунок 3.4. Поздовжній важіль торсіонної підвіски (схема навантаження)

Найвище значення згинального моменту у вертикальній площині визначається як максимальний момент, що виникає при найбільшому куті закручування торсіона (за

допомогою засобу фіксації важеля в обмеженні динамічного ходу підвіски). Розрахунок величини цього моменту був проведений у попередньому розділі. і складає

$$M_{\max} = 553,6 \text{ Нм.}$$

Поздовжній важіль виготовлений із труби розміром $48,3 \times 6$, чії геометричні параметри перерізу зазвичай обчислюють за допомогою слідуючих формул:

Моменти опору поздовжньої секції

$$W_{x(y)} = \frac{\pi d^3}{32} (1 - \alpha^4) \text{ см}^3 \quad (3.2)$$

Полярний момент опору перерізу

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} (1 - \alpha^4) \text{ , см}^3 \quad (3.3)$$

- діаметр труби (зовнішній), см; у згаданій труби $d = 4,83$ см;

- даний коефіцієнт дорівнює співвідношенню внутрішнього та зовнішнього і діаметрів труби

$$\text{відношення } d_{вн}/d = 36,3/48,6 = 0,75$$

Моменти опору поздовжнього перерізу важеля, який виготовлений з використанням безпосередньо труби $48,3 \times 6$

$$W_{x(y)} = \frac{\pi 4,83^3}{32} (1 - 0,75^4) = 7,562 \text{ см}^3$$

Полярний момент опору перерізу важеля (труба $48,3 \times 6$)

$$W_p = \frac{\pi 4,83^3}{16} (1 - 0,75^4) = 15,124 \text{ см}^3$$

Найвищі нормальні напруження в поздовжньому перерізі важеля, виготовленого з використанням безпосередньо труби $48,3 \times 6$, від згинального моменту, який діє у вертикальній площині, визначаються за слідуючою формулою

$$\sigma_{\theta} = \frac{M_{изг}}{W_x} \text{ , МПа} \quad (3.4)$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{553,6}{7,562} = 73,2 \text{ МПа.}$$

ля розрахунку нормальних напруг у вигині поздовжнього важеля від згинального моменту, що діє у горизонтальній площині, потрібно визначити максимальне значення поперечної сили Y . Ця максимальна поперечна сила Y досягається при

повному навантаженні причепа поперек його ширини. У цьому випадку значення сили Y може бути розраховано за допомогою такої формули.:

$$Y_{\max} = R^{ep} \times \phi, \text{ Н} \quad (3.5)$$

де R^{ep} - навантаження від навантаженого причепа на колесо, Н; згідно з вихідними даними наведених в попередньому підрозділі $R^{ep} = 2840,0$ Н;

ϕ - для доріг з асфальтобетонним покриттям $\phi = 0,6$ являє собою коефіцієнт зчеплення шин з дорогою;

$$Y_{\max} = 2840,0 \times 0,6 = 1866,0 \text{ Н}$$

Максимальний момент, що діє на подовжній важіль в горизонтальній площині, може бути визначений за формулою 3.13

$$M_{\text{изг}}^{zop} = Y_{\max} \times L, \text{ Нм} \quad (3.6)$$

де L - довжина подовжнього важеля, м;

$$L = 155 \text{ мм} = 0,155 \text{ м};$$

$$M_{\text{изг}}^{zop} = 1866,0 \times 0,155 = 273,42 \text{ Нм}$$

Найвищі нормальні напруження у перерізі подовжнього важеля, виготовленого з труби $48,3 \times 6$, від згинального моменту, який діє в горизонтальній площині, розраховуються за допомогою формули 3.7.

$$\sigma_{zop} = \frac{M_{\text{изг}}^{zop}}{W_y}, \text{ МПа} \quad (3.7)$$

$$\sigma_{zop} = \frac{273,42}{7,562} = 36,16 \text{ МПа.}$$

Загальні нормальні напруження вигину, які виникають у перетині подовжнього важеля, обчислюються за допомогою формули 3.8.

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_{zop}^2} \quad (3.8)$$

$$\sigma = \sqrt{3,2^2 + 36,16^2} = 81,6 \text{ МПа.}$$

Напруження, які виникають в результаті дії крутного моменту на поздовжній важіль торсіонної підвіски, обчислюються за допомогою формули 3.9.

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W}, \text{ МПа} \quad (3.9)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент, що виникає в перетинах поздовжнього важеля, Нм; може бути обчислений за допомогою формули 3.10.

$$M_{кр} = R^{2p} \times e, \text{ Нм.} \quad (3.10)$$

де e - відхилення поздовжньої осі важеля від осі симетрії колеса, вимірюється у метрах і відповідно до виконаних складальних креслень торсіонної підвіски складає 0,083 метра.

$$M_{кр} = 2940,0 \times 0,083 = 244,2 \text{ Нм.}$$

$$\tau = 244,2 / 15,124 = 16,1 \text{ МПа}$$

Еквівалентні напруги від усіх видів навантаження поздовжнього важеля можна розрахувати за допомогою формули 3.11.

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 0,75 \times \tau^2}, \text{ МПа.} \quad (3.11)$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{81,6^2 + 0,75 \times 16,1^2} = 82,8 \text{ МПа.}$$

Отримані еквівалентні напруги залишаються в межах допустимих значень для сталі 3пс, що використовується для виготовлення труби розміром $48,3 \times 6$, із допустимим значенням 160 МПа. Таким чином, міцність поздовжнього важеля торсіонної підвіски гарантована.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Торсіонна підвіска з поздовжніми важелями: аналіз запропонованих змін

Здійснений в межах виконання нашого дослідження аналіз, описаний у попередніх розділах, довів необхідність зміни жорсткості підвіски з поздовжнім важелем. Вище зазначалося, що складальні торсіони, які містять кілька стрижнів, мають високу надійність, меншу жорсткість і довговічність порівняно з суцільними торсіонами. Оскільки набірний торсіон, що розробляється, має служити заміною пружинного елемента підвіски, всі наведені переваги набірного торсіона в цьому випадку мають велике значення. В якості окремого елемента набірного торсіона можна використовувати пластинчастий елемент прямокутного профілю. Для набірного торсіона, який піддається найбільшому впливу крученню, найбільш доцільним є перетин квадратної форми, який формується з пластин однакової товщини. У цьому випадку кількість пластин n , що складають торсіон, повинна дорівнювати відношенню сторін однієї пластини

$$n = \frac{b}{h},$$

де b та h – вживається для означення товщини і ширини пластини.

Рисунок 4.1 демонструє очікувану форму перетину торсіону, що проєктується.

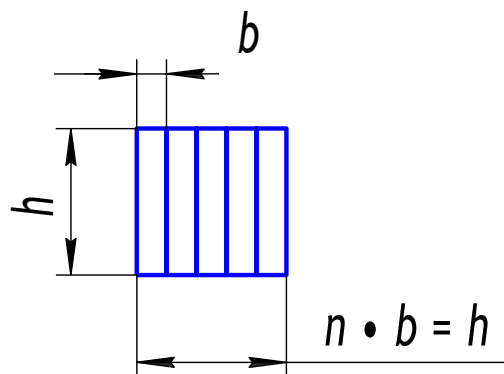


Рисунок 4.1 - Форма перетину торсіона, що проєктується

Для виготовлення пластин набірного торсіона рекомендується використовувати високовуглецеву леговану сталь 50ХГА або 60С2Х згідно з ГОСТ14959-79. Після гартування та обробки дробом, зібраний торсіон піддається закручуванню в протилежну сторону робочого ходу для підвищення міцності. Величина розрахункових допустимих напружень залежить від кількості та якості виконання попередніх заходів, що підвищують міцність від втоми торсіона. Для виготовлення окремих пластин торсіона

можна використовувати сталь 60С2Х згідно з ГОСТ14959-79, яка попередньо загартована без дрібноструменевої обробки. Більшість експертів рекомендують визначати товщину пластини за слідуючою формулою [1].

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

де G вживається для означення модуля пружності (власне поперечної) матеріалу пластини, МПа; для сталевих деталей 60С2Х по ГОСТ14959-79 = $7,8 \times 10^4$ МПа;

$[\tau]$ використовується на означення напруження, допустиме для матеріалу пластини, МПа; для деталей із загартовано сталі

$[\tau]$ означає допустиме напруження для матеріалу пластини, МПа; для загартованої сталі

60С2Х згідно до ГОСТу 14959-79 без дрібноструменевої обробки $[\tau] = 800$ МПа;

n означає кількість прямокутних пластин у складальному торсіоні, шт.; нехай $n = 4$;

α - коефіцієнт, котрий означає раціональність використання матеріала при деформаціях крутіння некруглих стрижнів; залежний від величини відношення

$$k = \frac{b}{h}, \text{ при } k = \frac{b}{h} = n = 4 \quad \alpha = 0,567;$$

l вживається для довжина робочої частини торсіону, мм; нехай $l = 250$ мм;

$$b = \frac{1,41 \times 72}{800} \sqrt{\frac{37,2 \times 7,8 \times 10^4}{4 \times 4 \times 0,567 \times 250}} = 4,53 \text{ мм.}$$

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

Отже, якщо пластина цього виду торсіону буде мати розмір поперечного перерізу 5×20 , а квадратний перетин набірного торсіону 20×20 , тоді робоча довжина торсіона $l = 250$ мм.

Припустимий кут закручування однієї пластини торсіону буде визначатися за наступною формулою 2 [1]:

$$\Theta = \frac{[\tau] \times l}{G \times b}, \text{ рад} \quad [] \quad (2)$$

$$[\Theta] = \frac{800 \times 250}{7,8 \times 10^4 \times 5}$$

$$7,8 \times 10^4 \times 5$$

$$= 0,641 \text{ рад} = 29,4^\circ$$

Для визначення габаритних розмірів елементів торсійної підвіски потрібно розрахувати кутову жорсткість набірного торсіона. Цей тип жорсткості обчислюється за допомогою формули 3:

$$c_{\Theta} = \frac{M}{57300 \times \Theta}, \text{ Нм/град.} \quad (3)$$

де M вживається на означення моменту, що закручує торсіон, Нм;

Θ означення кута закручування торсіону; котрий визначено згідно наступної формули 4

$$\Theta = \frac{M \times l}{G \times I_K} \quad (4)$$

де I_K - Момент інерції перетину торсіона при кручинні позначається як I_K і вимірюється у міліметрах до четвертого ступеня. Для набірного торсіона, що складається з прямокутних пластин, момент інерції розраховується за допомогою формули 5, яка наводиться експертами у окремих джерелах [2]:

$$I_K = n\beta h^3 b, \text{ мм.} \quad (5)$$

де β - табличний коефіцієнт h , котрий залежний від відносин $\frac{h}{b} = 5$ $\beta = 0,291$;

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

$$I_K = 4 \times 0,291 \times 5^3 \times 20 = 2910 \text{ мм}^4$$

Врахувавши у формулі 3 вираження для Θ у вигляді використан формули 4, ми отримаємо формулу 6, за допомогою якої можемо визначити кутову жорсткість.

$$c_{\Theta} = \frac{G \times I_K}{57300 \times l} \quad (6)$$

Відповідно кутова жорсткість торсіона становитиме:

$$c_{\Theta} = \frac{7,8 \times 10^4 \times 2810}{57300 \times 250}$$

Жорсткість торсійної підвіски з поздовжніми важелями є змінною, оскільки відстань від осі гойдання поздовжнього важеля по відношенню до лінії дії навантаження змінюється під час роботи підвіски. Найвищий рівень жорсткості підвіски спостерігається в положенні, коли деформації є мінімальними, і вона зменшується при збільшенні кута закручування торсіону. Мінімальне значення жорсткості торсійної підвіски досягається, коли поздовжній важіль колеса розташовано власне горизонтально. Переходячи в горизонтальне положення, важіль знову збільшує жорсткість підвіски. Це положення продемонстровано на наступному рисунку 4.2.

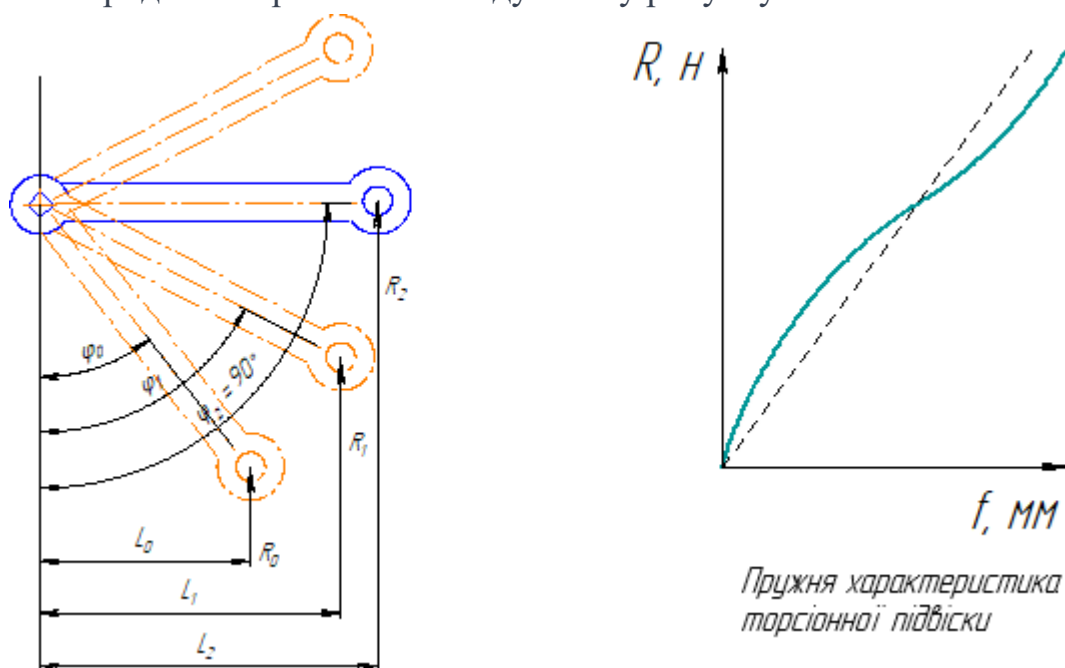


Рисунок 4. Зміна жорсткості торсійної підвіски з поздовжнім важелями (графічне відображення).

Враховуючи вищезазначене, оптимальним варіантом є вибір довжини поздовжнього важеля підвіски таким чином, щоб, з одного боку, гарантувати

горизонтальне положення важеля при завантаженому причепі, а з іншого боку - нахилена позиція на спорядженому причепі. При упорі підвіски в буфер обмеження динамічного ходу важіль також прийматиме нахилений стан, але з протилежного боку до свого горизонтального положення. Це сприятиме зменшенню коливань жорсткості підвіски та дозволить розглядати її як приблизно постійну.

Горизонтальне положення поздовжнього важеля цього виду підвіски у випадку використання завантаженого причепа та його похиле положення за умови деформування підвіски під вагою навантаження визначаються за допомогою величини деформації підвіски, обчисленої як $k_{of} = 40$ мм. Необхідна довжина поздовжнього важеля L розраховується з використанням саме цього значення.

4.2. Економічне обґрунтування доцільності внесених змін та загальні витрати на матеріали для виробництва торсійної підвіски

У проєкті була розроблена торсійна підвіска для причепів легкових автомобілів «Еней VO-2011», що відрізняється від пружинної підвіски меншою металоємністю та зменшеною потребою використання людської праці у процесі виготовлення. Орієнтовна вага деталей у підвісці, що проєктується, становить за нашими підрахунками близько 12 кг, що на 3 кг менше, ніж вага деталей пружинної підвіски. Важливо відзначити, що проєктована підвіска не включає балку осі в конструкцію причепа, що може призвести до зниження металоємності причепа приблизно на 8-10 кг. Для оцінки економічного виграшу від впровадження торсійної підвіски причепа «Еней VO-2011», потрібно врахувати витрати на необхідні матеріали, а також на виготовлення змінених частин конструкції підвіски причепа.

Добре відомо, що будь-яка підвіска транспортних засобів має три основні компоненти: пружний елемент, направляючий пристрій та засіб для гасіння коливань. Використання торсійної підвіски для причепа вносить зміни тільки до пружного елемента та направляючого пристрою з перерахованих трьох компонентів. Проте, конструкцію балки осі причепа при використанні торсійної

підвіски також включаємо до направляючого пристрою.

До складу основних витрат на виготовлення торсіонної підвіски входять витрати на придбання (або виготовлення), доставку та монтаж нового обладнання. Для організації виробництва торсіонної підвіски необхідно використовувати вертикально-протяжний напівавтоматичний верстат 7Б64.

Сформулюємо дані про витрати на необхідні матеріали та їх обсяги, які використовуються під час виготовлення елементів підвіски, і представимо цю інформацію в Таблиці 4.1.

Таблиця 4. Узагальнені результати підрахунків.

Пружні елементи підвісок							
	Проектний варіант				Базовий варіант		
Найменування і кількість елементів	4 пластини 2х набірних торсіонів				Дві циліндричні пружини для зжимання		
Використовувані матеріали	полоса 5×20				коло 11		
	сталь 60С2А				сталь 60С2А		
Маса , кг	2,576				3,36		
Коефіцієнт на означення використання матеріалу	0,9				0,8		
Вартість матеріалу, грн./кг	49,5				51,4		
Витрати на необхідний матеріал, грн.	141,2				204,7		
Направляючі складові підвісок							
Найменування та кількість	2 продовгастих важелі				4 реактивні тяги		
Матеріал деталей направляючого пристрою	труба 48,3×6	труба 76×3	лист 10	сталь 35Л	труба 20×2	сталь 35	труба 9748,3×6
Маса, кг	2,04	1,404	0,86	2,72	1,98	1,232	7,95

Коефіцієнт використаного матеріалу	0,9	0,85	0,6	0,78	0,9	0,6	0,85	
Вартість матеріалу, грн./кг	69,5	40,9	35	53	95,9	55,0	69,2	
Витрати на матеріал, грн.	157,55	67,4	49,87	184,5	210,94	112,66	611,1	
Сума затрат, грн	459,32				934,7			
Шарніри направляючих елементів підвісок								
Найменування і кількість	два, резино-металевий				вісім, резино металевий			
Матеріал елемента Шарніра	шайба	гайка 36	втулка	резина	палець 20	шайба 18	гайка 12	резина
Маса , кг	0,164	0,34	0,184	0,112	1,816	0,224	0,110	0,056
Коефіцієнт використання матеріалу	-	-	0,7	-	0,8	-	-	-
Вартість матеріалу- грн/кг	61,2	215	203	482	21,5	61,2	115	482
Витрати на матеріал	10	73,1	53,4	54	39	13,7	12,7	27
Сума затрат, грн.	190,5				92,4			
Всього, грн.	$M_{осн}^{шт} = 843,7$				$M_{осн}^{б} = 1164,$			

До додаткових матеріалів, які використовуються під час виготовлення підвіски, входить зварювальний дріт, необхідний для з'єднання вузлів підвіски, вартість яких також розраховується за існуючими формулами.

У таблиці 4.2 продемонстровано особливості розрахунку витрат щодо зварювального дроту, що використовується в процесі виготовлення вузлів як проєктованого, так і первинного варіантів підвісок

Таблиця 4.2. Демонстрація розрахунку витрат на зварювальний дріт

Показники		У проєктному варіант	У базовому варіанті
Довжина зварювальних швів з катетом: L, см,	2	-	55,2
	4	209,7	87,6
Маса проволочки діаметром: тпр , кг	1,2	-	0,009
	1,6	0,131	0,055
Вартість проволочки діаметром: грн./кг	1,2	71,3	
	1,8	67,6	
Витрати, призначені для зварювальної проволочки		$M_{BC}^{пт} = 8,5$	$M_{BC}^б = 4,2$

Зважаючи на викладене вище, узагальнені витрати по статті матеріали становитимуть:

$$\text{за проєктованим варіантом} - M_{пт} = M_{пт} + M_{пт\ осн} \quad \text{вс}$$

$$= 834,7 + 8,5 = 843,2 \text{ грн.}$$

$$\text{за первинним варіантом} - M^б = M^б + M^б$$

$$= 1164,12 + 4,2 = 1168,2 \text{ грн.}$$

4.3. Заходи з безпеки на виробництві

У цеху використовується 3-х фазна 4-х провідна електрична мережа з глухо заземленою нейтраллю TN-C напругою 380 / 220В і потужністю 1200кВА. Електропостачання здійснюється через кабельні лінії, які прокладені під підлогою (в люках) або по повітрю на висоті не менше 3,5 метра над проходами і 6 метрів над проїздами. Проводка ізолювана і захищена металорукавом для запобігання механічним пошкодженням. Електроапаратура встановлена в спеціальних електрошафах з захисними дверима, які мають відповідні знаки безпеки. Рубильник захищений кожухами. Для захисту працівників від ураження електричним струмом у разі непрямого дотику передбачено автоматичне відключення живлення від надструмів (згідно з ПУЕ

гл.17) за допомогою автоматичних вимикачів А3100. При проведенні ремонтних робіт доцільно користуватися засобами індивідуального захисту, такі як електричні боти, килимки, рукавички, тощо.

Температура повітря, відносна вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні визначають мікроклімат виробничих приміщень. Оскільки цей цех не має надлишку тепла (менше 23,2 Вт / м³), рекомендується забезпечити оптимальні параметри мікроклімату за проектом. Роботи, які виконуються на цій ділянці, відносяться до робіт середньої тяжкості Пб (пов'язані з ходьбою і перенесенням тягарів до 10 кг, енерговитрати 233-290 Вт). Робочі місця у виробничих приміщеннях повинні бути освітлені відповідно до СНиП 23-05-95.

Для проведення діагностики проектом рекомендується використовувати як природне, так і штучне освітлення. З урахуванням характеру зорової роботи, яка включає зчитування показань з приладів та екранів, цю роботу відносять до III розряду (мінімальний об'єкт відмінності - від 0,15 до 0,3 мм), підрозряд В (середній фон, середній контраст). Рекомендується використовувати комбіновану систему штучного освітлення, яка складається з загального та місцевого освітлення. Природне освітлення повинно бути бічним. При виконанні технічного обслуговування можуть виникнути наступні потенційно небезпечні та шкідливі фактори: ризик взаємодії з рухомими машинами та механізмами; відсутність захисту для рухомих частин стаціонарного обладнання та рухомих машин і механізмів; неналежний захист обладнання, яке працює під тиском; підвищена напруга в електричному ланцюзі, де можливе замикання через тіло людини; проблеми із освітленістю в робочій зоні [22, с. 114].

У цьому контексті встановлені загальні вимоги безпеки для виробничих процесів, приміщень та технічного обладнання відповідно до ГОСТ 12.3.002-95. Забезпечення безпеки виробничих процесів включає: застосування передової технології виробництва та належне технічне обслуговування виробничого обладнання; раціональну організацію робочих місць; правильне розташування виробничого обладнання; професійний відбір та навчання

працівників; використання засобів індивідуального захисту працівників; включення вимог безпеки до технологічної документації; контроль за дотриманням вимог безпеки [22, с. 112].

Загалом, основне завдання техніки безпеки на будь-якому виробництві полягає у створенні умов праці, які запобігають та усувають причини нещасних випадків.

Підприємство спеціалізується на перевезенні різноманітних вантажів за допомогою наявного транспорту, а також здійснює технічне обслуговування та ремонт цього транспорту. До виробничих підрозділів підприємства є асфальтовані під'їзні шляхи. Електропостачання забезпечується від електромереж, а водопостачання - з центрального водопроводу. Газопостачання здійснюється через повітряний трубопровід. На території підприємства можуть виникати стихійні лиха, такі як пожежі, урагани та сильні морози. Швидкість ліквідації, а також превентивних заходів щодо наслідків надзвичайних ситуацій може впливати не тільки на виробничі аспекти, але й на здоров'я працівників. Отже, компанія повинна діяти відповідно до програми Державної системи попередження надзвичайних ситуацій, яка охоплює такі заходи: забезпечення ефективного контролю за станом потенційно небезпечних об'єктів; створення резервних матеріально-технічних, медичних та інших резервів; забезпечення високої готовності управлінських структур, сил та засобів для реагування в надзвичайних ситуаціях; здійснення аварійно-відновлювальних та інших заходів щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [22, с. 118].

ВИСНОВКИ

Незаперечним є той факт, що причепа для легкових автомобілів значно розширюють функціональні можливості таких автомобілів, тому вони активно експлуатуються як приватними особами, так і малими та середніми підприємцями. Наразі в Україні працює більше 10 підприємств, які займаються виробництвом причепів для легкових автомобілів. Причіп "Еней VO-2011" є дуже популярним завдяки своїм багатьом позитивним характеристикам і помірній ціні. Маючи на меті підвищення конкурентоспроможності цього причепа, необхідно постійно вдосконалювати його конструкцію і знижувати вартість його виготовлення.

За допомогою зміни конструкції підвіски та заміни пружинної залежної підвіски на торсійну незалежну, можна значно знизити трудомісткість і металоємність причепа. Багато виробників вже обрали цей шлях для зниження витрат та використовують резино-джгутову підвіску у своїх конструкціях. Основні елементи цієї підвіски закупаються у європейських виробників, що впливає на ціну причепа.

Торсійна підвіска, широко використовується на військових транспортних засобах і відрізняється своєю простотою і надійністю. Вона дозволить значно підвищити конкурентоспроможність причепа "Еней VO-2011". У результаті проведеного дослідження, ми проаналізували переваги та недоліки існуючої підвіски та розробили конструкцію торсійної підвіски для причепа "Еней VO-2011", яка повністю відповідає пружинній підвісці причепа за пружними характеристиками. Розроблену підвіску можна виготовити на будь-якому промисловому підприємстві. Згідно з економічним розрахунком собівартості причепа "Еней VO-2011", впровадження підвіски може знизити її на 763,13 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі. Основи конструкції, теорія / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков [та ін.] : навчальний посібник, третє видання, доповнене і перероблене. – Одеса : Військова академія, 2016. – 356 с.
2. Автомобілі. Теорія : навчальний посібник / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков [та ін.] – Одеса : Військова академія, 2017. – 414 с.
3. Андрусенко С. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2009. – 368 с.
4. Буряк М.В. Оцінка міцності та надійності автотранспортних засобів – Вісник машинобудування та транспорту, 2022. – С. 17-22.
5. Гандзюк М.О. Аналіз конструкції та елементи розрахунку автомобіля: Навчальний посібник – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 196 с.
6. Грибенко С. М. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебное пособие для вузов. – Одесса: Издательство ОПИ, 1972. – 300 с.
7. Дембіцький В.М., Павлюк В.І., Придюк В.М. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.
8. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: Навч. посібник для студентів ВНЗ. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. – 140 с.
9. Захарчук О.В. Технічне обслуговування і ремонт КТЗ: Навч. посібник для студентів ВНЗ. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – 140 с.
10. Канарчук В.Е. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 3. Підручник. – Київ: Вища школа, 1994. – 342 с.
11. Канарчук В.Е. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2. Підручник. – Київ: Вища школа, 1994. – 383 с.
12. Клімов С.В. Експлуатація і обслуговування машин: Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2010. – 218 с.

13. Коробочка О. Основи розрахунку, проектування і експлуатації технічного обладнання для автомобільного транспорту. – Кам’янське: ДДТУ. – 2007. – 252 с.: ДДТУ. –2007 р. – 252 с.

14. Кукурудзяк Ю. Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту : Навчальний посібник. – Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2010. – 336 с

15. Легковий причіп V0-2011 ЕНЕЙ URL: <https://pricer.com.ua/ua/product/legkovnj-prichip-v0-2011-enej/> (дата звернення 06.11.2023).

16. Лудченко О. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів (технологія): Підручник – Київ: Вища школа, 2007. – 527 с.

17. Огневий В. О. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : курсове проектування: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] – Вінниця: ВНТУ, 2021 – 121 с.

18. Положення про технічне обслуговування та ремонт дорожніх транспортних засобів. ДЕРЖАВГОТРАНСНДІГТРОЕКТ. Міністерство транспорту України, Київ 2001. – 33 с.

19. Ремонт автомобілів: Навч. посібник / Упорядник В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. –720 с

20. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.

21. Технологічне обладнання для ремонту автомобілів – Кам’янське: ДДТУ. – 2017. – 215 с.

22. Чернета О.Г. Основи технологічного виробництва при виготовленні та ремонту автомобілів. – Кам’янське: ДДТУ, 2018. – 196 с.

23. Brown, A. et al. "Enhancing Trailer Safety through Maintenance Practices." *International Journal of Logistics Management*,. – 2020– № 32(4). – P. 387-402.

24. Dependent suspension system. URL: https://www.newkidscar.com/suspension-construction/dependent-suspension-construction/#google_vignette (date of access 22.09.2023).

25. Kopestynskyy D. The Translation Problems of Interpreting the Terminology for the Technological Processes of repairing Automobile Equipment. *Нові тенденції у перекладознавстві, філології та лінгводидактиці у контексті глобалізаційних процесів: матеріали Всеукраїнської студенської науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 16 жовтня 2023 року) / За ред. Куцої О. І. – Тернопіль: ТНПУ, 2023. – С. 69-71.*

26. Modified MacPherson Strut Independent Rear Suspension System URL: <https://www.skedsoft.com/books/automobile-engineering/independent-rear-suspension-systems> (date of access 12.07.2023).

27. National Transportation Safety Board. "Safety Guidelines for Commercial Trailers." NTSB Publication – 2018 – № 2018-234.

28. Smith, J. "Advancements in Trailer Technology." *Journal of Transportation Engineering*, 2019. – № 145(2) – P. 112-125.

29. Smith, J., & Johnson, A.. *Advancements in Lightweight Materials for Car Trailer Construction. SAE International Journal of Commercial Vehicles. – 2022. – №20(3, – P. 123-135.*