

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістр
(освітній ступінь)

на тему «ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ СПЕЦІАЛЬНОГО
ОБЛАДНАННЯ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА»

ХАІ.107.153т.21В.274.1701093 ПЗ

Виконав: здобувач (ка) 2 курсу групи № 163т

Галузь знань 27 Транспорт
(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне
господарство
(найменування)

Копитич Євген Вадимович
(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Нестеренко С. І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Аргун Щ.В.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний розділ	Нестеренко С.І. доцент		
Економічний розділ			

Нормоконтроль _____ Нестеренко С.І. « ____ » _____ 2024 р.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Предмет досліджень та постановка задачі		
2	Теоретико-експериментальні дослідження коливань механічної системи типу «Автомобіль-рідина, що транспортується»		
3	Розрахунки паливозаправника		
4	Боротьба з витратами палива, протипожежні заходи і техніка безпеки		

Здобувач

(підпис)

Є.В.Копитич

(ініціали та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

С. І. Нестеренко

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з 83 сторінок, 35 ілюстрацій, 9 таблиць, 10 джерел.

ТРАНСПОРТУВАННЯ РЕЗЕРВУАРІВ З НАФТОПРОДУКТАМИ, ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, МЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ, РІВНЯННЯ РУХУ, ПАРАМЕТРИ ПАЛИВНИХ БАКІВ, МІЦНІСТЬ РАМИ АВТОМОБІЛЯ, ПОДОВЖНЯ ТА ПОПЕРЕЧНА СТІЙКОСТЬ АВТОМОБІЛЯ.

Мета кваліфікаційної роботи – аналіз існуючих способів транспортування рідини автомобільними транспортними засобами. Визначення факторів, які впливають на динамічні характеристики автомобільних транспортних засобів при транспортуванні рідини.

Обрані розрахункові схеми динамічних моделей: розглянуто двохмасову модель механічної системи, із зосередженими параметрами. Розглянута маятникова модель з рухомою точкою підвісу. Моделі поєднуються у трьохмасову модель механічної системи із зосередженими параметрами. Визначається рівняння руху моделі. Аналізуються отримані результати, на основі яких робляться висновки о впливі окремих факторів на механічну систему. Експериментальними дослідженнями перевіряються отримані ефекти і закономірності.

Пропонується пропозиція по створенню нового паливозаправника, який дозволяє одночасно проводити заправку двома видами палива на місцях їх застосування. Проведено розрахунок паливозаправника по параметрам його паливних баків, міцності рами автомобіля, подовжньої та поперечної стійкості. Проаналізовані витрати нафтопродуктів. Розглянуті питання з охорони праці та техніки безпеки і протипожежних заходів при роботі з нафтопродуктами.

Робота спрямована на вивчення ефектів і закономірностей виникаючих при коливаннях рідини у резервуарах (цистернах), під час транспортування, та їх вплив на самохідні колісні транспортні засоби.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1.ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПОСТАНОВА ЗАДАЧІ.....	7
1.1. Аналіз існуючих способів транспортування рідини на автомобільних транспортних засобах	7
1.2. Компонувальні схеми автомобільних цистерн і резервуарів.....	12
1.3. Класифікація автомобільних доріг.....	19
1.4. Чинники впливу на дорожнє покриття.....	21
1.5. Вплив місцевих природних умов на стан доріг.....	23
2. ТЕОРЕТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «АВТОМОБІЛЬ - РІДИНА, ЩО ТРАНСПОРТУЄТЬСЯ»	25
2.1. Фактори, які впливають на динамічні характеристики автомобілів при транспортуванні рідини	25
2.2. Вибір розрахункової схеми механічної системи типу автомобіль – рідина, що транспортується ” і прийняті допущення	28
2.3. Математична модель коливань механічної системи у вигляді моделі, із зосередженими параметрами	34
2.3.1. Двохмасова модель механічної системи у вигляді моделі, із зосере- дженими параметрами	35
2.3.2. Модель маятника з точкою підвісу, що рухається	39
2.3.3. Трьохмасова модель механічної системи.....	40
2.4. Експериментальні дослідження впливу маятникових коливань вантажу на частоту власних вертикальних коливань точки підвісу ...	45
3. РОЗРАХУНКИ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА.....	48
3.1. Розрахунок параметрів паливних баків для паливозаправника.....	48
3.2. Розрахунок рами паливозаправника на міцність	52
3.3. Визначення статичної стійкості паливозаправника з різними варіантами навантаженням	58

3.4. Визначення подовжньої і поперечної стійкості паливозаправника з різними варіантами навантаженням	60
4. БОРОТЬБА З ВТРАТАМИ ПАЛИВА, ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	65
4.1. Втрати від випаровування.....	65
4.2. Втрати від витоку	68
4.3. Техніка безпеки і протипожежні заходи	69
ВИСНОВКИ	81
Список використаних джерел	83

ВСТУП

В сучасних умовах автомобільний транспорт є невід'ємним елементом будь-якої розвинутої держави. Автомобільний транспорт забезпечує технологічний процес в промисловості і сільському господарстві, майже повністю обслуговує місцеві перевезення, а в гірських районах Карпат є основним видом транспорту по перевезенню людей і вантажів. До переваг автомобільного транспорту можна віднести:

- зменшення собівартості перевезень;
- скорочення термінів доставки вантажів;
- високу мобільність та маневреність;
- здатність доставляти вантажі на місця їх призначення;
- менша залежність від постійних шляхів, в порівнянні із залізничним і річковим (морським) транспортом.

На швидкість руху автомобільного транспорту істотний впливає якість автомобільних доріг, природно - кліматичні чинники і час доби.

В сучасних умовах актуальною вважається задача наземного транспортування палива автомобільними транспортними засобами (ТЗ) та заправка техніки різними видами палива в районі їх використання.

Проведений аналіз стану покриття автомобільних доріг та вплив місцевих природних умов в сторону погіршення їх стану привів до необхідності оцінювання факторів, що впливають на динамічні характеристики ТЗ при транспортуванні рідини. Моделювання коливань механічної системи типу автомобіль-рідина, що транспортується (А-РТ), вивчення ефектів та закономірностей впливу коливань рідини на автомобіль привело до формулювання вимог по створенню спеціального паливозаправника з можливістю одночасного перевезення двох різних видів палива на базі автомобіля ГАЗ-3302 Газель. Зроблені розрахунки запропонованого паливозаправника на міцність рами, параметрів паливних баків призначених для одночасного транспортування нафтопродуктів, подовжньої та поперечної стійкості паливозаправника з різними варіантами завантаження.

1. ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.

1.1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ РІДИНИ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Автомобільні цистерни (резервуари) призначені для транспортування нафтопродуктів і інших рідин, експлуатація яких пов'язана з доставкою від складів і баз виробника до споживачів. Ці рідини небезпечні тому, що вони є токсичними і легкозаймистими.

Транспортні автомобільні цистерни, як правило, мають мінімум спеціального технологічного обладнання. Проте дуже важливо, щоб автомобільна цистерна могла виконати заправку іншої техніки в районі її використання. Особливо зручні транспортно-заправні цистерни для будівельних, сільськогосподарських і інших підприємств, що мають розосереджену техніку, яка виконує роботу та не має можливості самостійно поповнювати собі паливо.

Прохідність автомобілів-цистерн є однією з найважливіших показників, що визначають область їх застосування. Не дивлячись на те, що базові шасі підвищеної прохідності дозволяють розмістити цистерну меншої місткості, для умов бездоріжжя їх використання необхідне. На шасі автомобілів підвищеної прохідності, як правило, виготовляються транспортно-заправні цистерни, які здатні переміщатися в складних дорожніх умовах і навіть по бездоріжжю.

Цистерни (резервуари), особливо циліндричної форми, мають високу міцність, тому ряд напівпричепів і причепів-цистерн виготовляються несучими (безрамними), що дозволяє при тому ж осьовому навантаженні зменшити власну масу і підвищити міцність цистерни, а також спростити її конструкцію. Застосування безрамної конструкції дозволяє понизити центр ваги і зменшити металоємність.

Градація автомобільних цистерн по місткості відповідає класифікації вантажних автомобілів по вантажопідйомності [1]. Відповідно до системи позначення (індексацією) рухомого складу автомобілі-цистерни позначають буквеним індексом заводу-виробника і далі цифровим індексом, в якому перші дві цифри 16, 26, 36, 46, 56, 66 і 76 позначають повну масу автомобіля, а другі дві -

модель. Якщо є п'ята цифра, то це номер модифікації. Для причіпного складу (причепів-цистерн і напівпричепів-цистерн) після буквеного індексу заводу-виробника через тире пишуться чотири цифри. Перші дві (86 або 96) позначають: 86 - причеп-цистерна, 96 - напівпричеп-цистерна, а наступні дві цифри (третя і четверта) позначають повну масу причіпного складу.

Автомобілі-цистерни, випущені до введення нової індексації і що випускаються до теперішнього часу, мають умовне позначення, яке включає наступні основні класифікаційні ознаки: тип базового шасі (автомобіль А, причіп - П, напівпричеп - НП); тип цистерни (транспортна - Ц, паливозаправочна - ПЗ), номінальна місткість (m^3), марка базового шасі.

Приклади умовних позначень: АЦ-4-130 — автомобіль-цистерна транспортна місткістю 4 m^3 на шасі автомобіля ЗИЛ-130;

ПЦ-5,6-817 - причіп-цистерна транспортна місткістю 5,6 m^3 на шасі причепа ГКБ-817;

НПЦ-16,3 - напівпричеп-цистерна транспортна місткістю 16,3 m^3 .

Перші автомобільні цистерни з'явилися одночасно з першими вітчизняними автомобілями. До початку 60-х років випуск автомобільних цистерн був незначним, їх місткість в основному не перевищувала 4 m^3 , а експлуатація і технічне обслуговування технологічного обладнання не були складною через відсутність в їх складі високопродуктивних насосних установок, автоматизованих систем контролю і управління зливоналивними операціями.

Зростання випуску вантажних автомобілів, збільшення об'єму вантажних перевезень, зростання об'єму перевезень рідин привели до створення у 1960-1970 роки декількох десятків типів автомобільних цистерн (резервуарів), для перевезення нафтопродуктів і інших рідин на базі автомобілів середньої і великої вантажопідйомності, напівпричепів-цистерн і причепів-цистерн. В 80-е роки з'явилися великовантажні наливні автопоїзда АЦ-9-5320 з НЦ-9-6350, повнопривідні напівпричепи-цистерни НПЦ-15-375СН, а також ряд неповнопривідні напівпричепів-цистерн місткістю від 8 до 18 m^3 . Експлуатація такої техніки вимагає спеціального технологічного обладнання, приміщення і підготовле-

ного інженерно-технічного персоналу. Автори роботи [1] зтверджують, що плануються розширення виробництва автомобільних цистерн як в кількісному відношенні, так і з погляду збільшення місткості до $30 \div 60 \text{ м}^3$ і більш, що у свою чергу потребує створення складнішого технологічного обладнання.

Проте слід зазначити, що збільшення місткості паливозаправників з розробкою складнішого технологічного устаткування на сьогоднішній день економічно не обґрунтовано.

На сьогоднішній день на Україні є велика кількість автомобільних цистерн та резервуарів, які класифікують:

- по типу базового шасі (автомобіль, напівпричіп, причіп) - автомобілі-цистерни, напівпричепи-цистерни і причепи-цистерни;
- по виду рідин, що транспортуються, - для палив (бензин, дизельне паливо, газотурбінне паливо, гас), для масел (моторне, трансмісійне, індустриальне, турбінне, компресорне, електроізоляційне, приладове), мазуту і бітумів і інших;
- за призначенням - транспортні і транспортно-заправні;
- по прохідності базового шасі - звичайної прохідності і підвищеної прохідності;
- по типу несучого елемента базового шасі - рамні і безрамні несучі;
- по місцю розташування кабіни (пульту управління) - з переднім, середнім або заднім розташуванням кабіни управління;
- по місткості цистерни - малої (до 2 т), середньої (від 2 до 5 т), великої (від 5 до 15 т) і особливо великої (більше 15 т).

Як базові шасі для автомобільних цистерн (резервуарів) використовують практично всі вантажні автомобілі, що випускаються. Цистерну встановлюють замість вантажного кузова на рами базового шасі і закріплюють так, щоб їх подовжні осі знаходилися в одній вертикальній площині, що необхідне для рівномірного розподілу навантаження на правий і лівий лонжерони рами. Такі автомобілі-цистерни (АЦ) призначені для транспортування нафтопродуктів і заправки ТЗ в польових умовах. В даний час експлуатуються наступні модифіка-

ції: АЦМ-4-157К, АЦ-4,3-131(АЦ-4-131), АЦ-5,5-4320, АЦ-8,5-255Б, АЦ-9,5-255Б, АЦ-10-260. Загальний вигляд автомобіля-цистерни приведений на рисунку 1.

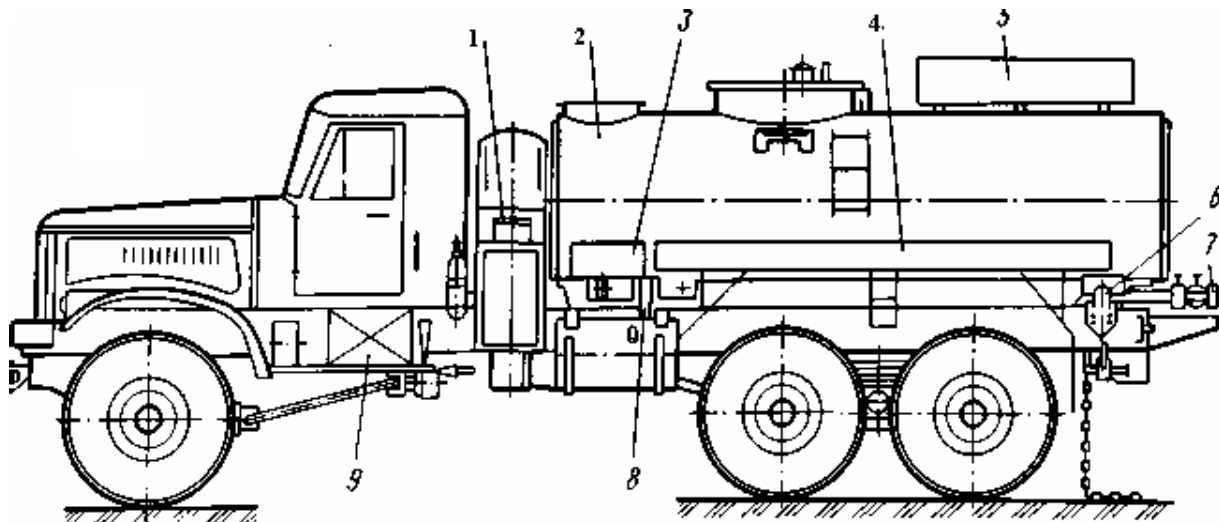


Рисунок 1–Автомобіль-цистерна АЦ-9,5-255Б

де 1, 5, 9 – ящики ЗПП; 2 – цистерна; 3 - пульт управління, 4- пенал, 6 - шарнір; 7- гідросистема; 8 - обмежувач.

Напівпричіп-цистерни (НПЦ) призначені для транспортування рідин по дорогах з твердим покриттям. Вони мають підвищену міцність, можуть буксируватися сідельними тягачами, на базі автомобілів «МАЗ-504», «Урал-44202», «КрАЗ» або тракторами К-701 «Кировец». В даний час експлуатуються наступні модифікації: ППЦ-15, ППЦ-16, ППЦ-16,3, ППЦ-17,2. Загальний вид напівпричепа-цистерни приведений на рисунку 2.

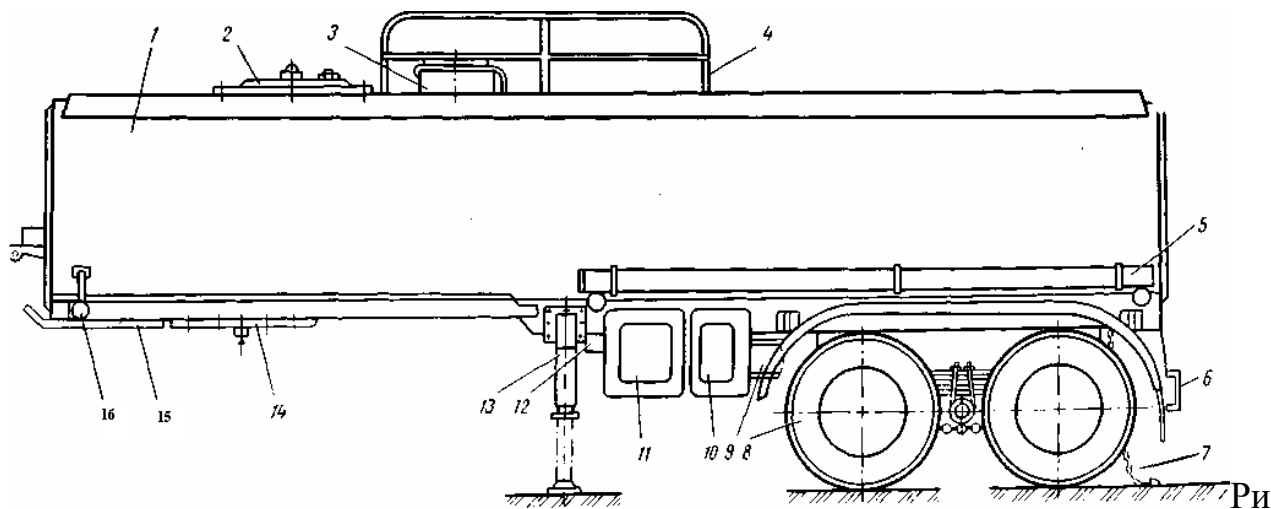


Рисунок 2– Напівпричіп-цистерна НПЦ-16,3 (ППЦ-17,2):

1 - корпус; 2 - кришка компенсаційної місткості, 3 - наливна горловина; 4 - поручень; 5 - пенал; 6 - бампер; 7 - ланцюг заземлення; 8 - візок; 9 - запасне колесо; 10, 11-шафи для обладнання; 12- ящик ЗІП; 13 - опорний пристрій; 15 - плита накату; 16-світлоповертатель.

Причепи-цистерни (ПЦ) призначені для буксирування автомобілями-цистернами на базі автомобілів «ЗИЛ», «УРАЛ», «МАЗ», «КрАЗ», мають пристрій для підключення пневмосистеми. По конструкції причіп-цистерна відрізняється тим, що не має рами, функції якої виконує сама цистерна, що знижує металоємність і знижує центр тяжкості цистерни, збільшуючи при цьому місткість цистерни. В даний час експлуатуються наступні модифікації: ПЦ-4,7-782Б, ПЦ-4,7-782Б, ПЦ-6,7-8925, ПЦ-5,6-817, ПЦ-9,1-8350. Об загальний вид якої приведений на рисунку 3.

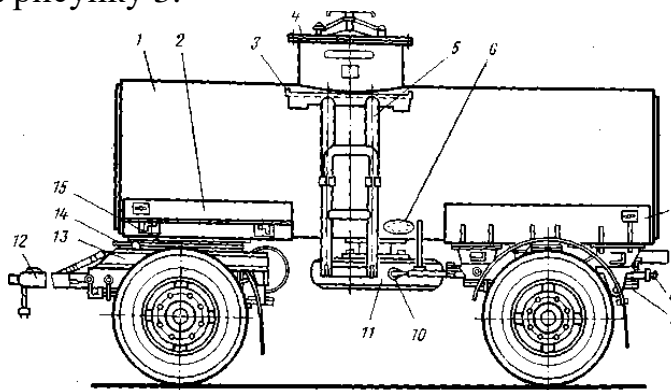


Рисунок 3 – Причіп-цистерна ПЦ-5,6-817:

1- цистерна; 2 - опора; 3 - майданчик; 5 - сходи; 6 - фланець для підключення систем нижнього наливання; 7 - опора цистерни; 8 - зливний трубопровід; 9 - підвіска; 10 - ручне гальмо; 11- запасне колесо; 12 - дишло причепа; 13 - поворотний візок; 14 - стопор поворотного пристрою; 15 - поворотний пристрій.

Проте з'явилася проблема заправки різноманітної техніки, яка безперервно виконує роботу на окремих об'єктах, наприклад, пов'язаною зі обробкою земельних угідь, або будівництвом невеликих об'єктів. Різноманітність цієї техніки потребує невелику кількість використання різних видів палива. Це ставить задачу розробки малих паливозаправників, які повинні мати добру прохідність по ґрунтовим дорогам і достатню швидкохідність по асфальтовим дорогам, оперативно, економічно, забезпечити підвіз палива при мінімальних витратах на його доставку.

1.2. КОМПОНУВАЛЬНІ СХЕМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН І РЕЗЕРВУАРІВ

Компоновка технологічного обладнання цистерн на шасі автомобілів, напівпричепів і причепів визначається призначенням автоцистерни (транспортна або заправна), тобто переліком виконуваних технологічних операцій і обладнання.

Транспортні автомобільні цистерни призначені для прийому, транспортування і видачі нафтопродуктів, для чого у складі технологічного обладнання цистерни є насос, приймальні і роздаточні рукави. В спрощеному варіанті насоси відсутні.

Заправні автомобільні цистерни призначені також і для заправки автомобілів і іншої техніки нафтопродуктами, для чого до складу технологічного обладнання вводяться фільтри, лічильники, роздаточні рукави, роздаточні крани і інше обладнання. Для розміщення органів і засобів управління цим обладнанням заправні автомобільні цистерни оснащуються кабінами управління, які розташовуються попереду, збоку або позаду цистерни (таблиця 1).

Таблиця 1 – Компоновка технологічного обладнання спеціалізованого рухомого складу для транспортування і заправки нафтопродуктів

Компоновка	Марка рухомого складу		
	Автомобіль	Полуприцеп	Прицеп
Без кабіни управління	АЦ-4,2-130; АЦ-4,2-53А; ТЗВ-6	ППЦ-17	ПЦ-4.2-754В; ПЦ-4,7-782Б; ПЦ-5,6-817
Кабіна управління попереду	АЦ-2,4-52; АЦ-4,0-131; АЦ-4,3-131; АЦ-8,0-5334; АЦ-9.0-500А; АЦ-9.5-255Б	-	
Кабіна управління збоку	03-1926; 03-3607; 03-5467	-	ПАЗС-8630
Кабіна управління ззаду	АЦМ-4-157; АЦ-5,5-4320; АЦ-8.5-255Б; ПАЗС-3132	-	ПЦ-6,7-8925; ПАЗС-3137.

На розташування кабіни управління впливає тип приводу і місце установки насосу, від якого (основного або додаткового) двигуна приводиться насос, а також тип запірної арматури і система його приводу (механічна, гідравлічна або пневматична).

Причіпні автопоїзди-цистерни (таблиця 2) на базі автомобільних цистерн-тягачів підвищеної прохідності (повнопривідних) і причепів можуть мати загальну місткість $3,6 \div 38 \text{ м}^3$ з коефіцієнтами причіпного навантаження $0,34 \div 1,5$, а на базі автомобільних цистерн-тягачів звичайної прохідності і причепів - $7,0 \div 29 \text{ м}^3$ з коефіцієнтами причіпного навантаження $0,7 \div 1,9$.

Таблиця 2 – Характеристики автомобільних цистерн на базі причіпних Авто потягів

Склад причіпного автопоїзда	Ємність, м ³			Коефіцієнт причіпного навантаження	Прокідність
	Автомобіля-цистерни	Причепи-цистерни	Загальна		
ГАЗ-66 с причепом 1-П-1,5М	2	1,6	3,6	0,34	Для всіх видів доріг
ЗИЛ-131 с причепом 1-П-2.5	4,3	2,8	7,1	0,38	—————
ЗИЛ-131 с причепом 2-ПН-2М	4,3	2,5	6,8	0,38	—————
Урал-375Д (КамАЗ-4310) с причепом 2-ПН-4М	5...5,5	4,5	9,5...10	0,38	—————
КрАЗ-255Б (260) с причепом 2-ПН-6М	8,5...10	6,7	15...16	0,51	Для ґрунтових доріг з твердим покриттям
КрАЗ-255Б (260) с причепом 2-ПН-10М	8,5...10,1	12	21...22	0,75	—————
КрАЗ-255Б (260) с причепом 2-ПН-20	8,5...10,0	28	37...38	1,5	Для сухих ґрунтових доріг з твердим покриттям

Сідельні автомобільні автопотяги-цистерни (таблиця 3) на базі сідельних тягачів підвищеної прохідності (повнопривідних) і напівпричепів з активним приводом можуть мати місткість $8 \div 30 \text{ м}^3$ з коефіцієнтами напівпричіпного навантаження $0,56 \div 0,73$; на базі сідельних тягачів підвищеної прохідності (пов-

нопривідних) і напівпричепів звичайної прохідності – $9 \div 60 \text{ м}^3$ з коефіцієнтами напівпричіпного навантаження $0,68 \div 0,98$; на базі сидельних тягачів звичайної прохідності і напівпричепів звичайної прохідності – $5 \div 28 \text{ м}^3$ з коефіцієнтами напівпричіпного навантаження $1,1 \div 1,62$.

Причіпний автомобільний потяг МАЗ-516 + 2-П-8(886), а також надважкі автопотяги (таблиця 4) ємністю $44 \div 190 \text{ м}^3$ можуть використовуватися тільки по дорогах I-V категорій з твердим покриттям; решта автомобільних потягів, крім того, - і на ґрунтових дорогах.

Крім автомобілів-цистерн, напівпричепів-цистерн і причепів-цистерн для перевезення рідини використовуються сталеві горизонтальні резервуари закріплені в кузовах колісних транспортних засобів, на причепах, напівпричепах або автопотягах. Горизонтальні резервуари мають місткість від 4 м^3 і більш (відповідно званих Р-4, Р-6, Р-8, Р-10, Р-25). Крім сталевих резервуарів широко використовуються гумовотканинні резервуари місткістю від $2,5$ до 12 м^3 (так званих МР-2,5, МР-4, МР-6 і МР-12).

Таблиця 3 – Характеристики автомобільних цистерн на базі сидельних автопотягів

Склад сидельного автопоїзда	Ємність напівпричепа-цистерни	Коефіцієнт напівпричіпного навантаження	Прохідність
ЗИЛ-137 з активним напівпричепом 1376	8	0,6	Для всіх видів доріг і бездоріжжя
Урал-380С з активним напівпричепом 862	12	0,73	—————
КрАЗ-255В (260) з активним напівпричепом 834	18	0,7	—————
МАЗ-544 з активним напівпричепом 5846 (939)	30	0,56	—————
ЗИЛ-131В з напівпричепом ОдАЗ-9325	9	0,68	Для ґрунтових доріг з покриттям
Урал-375СН з напівпричепом ОдАЗ-9350	15	0,77	—————
КрАЗ-255В (260) з напівпричепом МАЗ-938	20	0,68	—————
МАЗ-537 з напівпричепом ЧМЗАП-5247Г	60	0,98	—————
КЗКТ-545 з напівпричепом МАЗ-796	60	0,92	—————

Загальна маса ємності з рідиною, завантажених до кузову, не повинна перевищувати номінальної вантажопідйомності відповідного транспортного засобу. Враховуючи можливість збільшення об'єму пального від нагріву, резервуари Р-4, Р-6, Р-8, Р-10 і Р-25 не доливаються до верхньої обичайки на 15 ÷ 20 см. Контроль заповнення здійснюється візуально. Затоку гумовотканинних резервуарів припиняють по досягненні номінальної висоти заповнення резервуару, наприклад: МР-4 - 60 см, МР-6 - 90 см. Для заповнення резервуарів застосовують переносні заправні агрегати або ручні насоси.

Технічна характеристика бортових транспортних засобів і резервуарів для перевезення рідин наведена в таблицях 5 і 6.

Таблиця 4 – Характеристики автомобільних цистерн на базі надважких автопотягів

Склад автопоїзда	Місткість, м ³				Довжина автопоїзда, м	Радіус розвороту, м	Максимальна швидкість, км/год	Коефіцієнт навантаження (загальний)
	Автомобільна цистерна	Напівпричепна цистерна	Причепна цистерна	Загальна				
МАЗ-7410 з напівприцепом МАЗ-9989 і причепом ЧМЗАП-5524	-	30	24	54	33	12	65	1,35
МАЗ-74101 з напівприцепом ЧМЗАП-9990 і причепом ЧМЗАП-5524	-	60	24	84	34,5	13,5	60	1,65
МАЗ-547А (тривісні ходу) з причепом ЧМЗАП-8386	55	-	45	100	28,4	22	40	2,7
МАЗ-574А (тривісні ходу) з причепом ЧМЗАП-5531	55	-	90	145	45	22	15	1,65
МАЗ-547Б (чотиривісні ходу) з причепом ЧМЗАП-8386	70	-	45	115	31	22	40	2,6
МАЗ-547Б (чотиривісні ходу) з причепом ЧМЗАП-5530	70	-	120	190	40	22	15	2,4

Таблиця 5 – Технічна характеристика бортових транспортних засобів

Автотранспортний засіб	Номінальна вантажопідйомність, тонах	Внутрішні розміри кузова, мм		
		довжина	ширина	висота бортів
Автопоїзд КамАЗ-54 10 + ОДАЗ-9370	14,0	9150	2320	500/1700
Автомобіль КамАЗ-5320	8,0	5200	2320	500/1700
Автопоїзд МАЗ-504 А +5245	14,0	7875	2320	740
Автомобіль МАЗ-500А	8,0	4810	2480	605
Автомобіль ЗІЛ-133Г1.	8,0	6100	2326	575
Автопоїзд ЗІЛ-130В1 + ОДАЗ-885	7,5	6070	2220	590
Автомобіль «Урал-375Н»	7,0	4500	2326	715/1050
Автомобіль ЗІЛ-130	6,0	3752	2326	575
Автомобіль ЗІЛ-131	5,0	3600	2322	915
Автомобіль ГАЗ-53А	4,0	3740	2170	680
Причіп ГKB-8350	8,0	6100	2320	500/1700

Примітки: 1. В чисельнику показана висота основних бортів, в знаменнику – загальна висота з урахуванням надставного борту (Урал-375Н) і ґрат (КамАЗ, ГKB-8350).

2. ОДАЗ – автозборочний завод, м. Одеса

Таблиця 6 – Технічна характеристика бортових транспортних засобів і резервуарів для перевезення рідини.

Найменування ёмкості	Місткість, м ³	Габаритні розміри, мм			Маса порожнього резервуару	Тип з'єднання зливного наливного па-трубка, мм (діаметр)
		Довжина	Ширина діаметр	Висота		
Резервуар Р-25	25	4790	2800	-	1980	ТК-100
Резервуар Р-10	10	3390	2200	-	1100	ТК-100
Резервуар Р-8	8	4263	1598	2015	1041	ТК-100
Резервуар Р-6	6	3005	1593	2015	1030	ТК-100
Резервуар Р-4	4	2873	1378	1793	741	ТК-100
Гумовотканинні резервуари:						
МР-12	12	2500	4000	600	120	ТК-100, РС-65
МР-6	6	4000	2700	900*	120	ТК-100, РС-65
МР-4	4	3800	2650	600*	110	ТК-100, РС-65
Бочка	200 л	-	614	870	50	70
Каністра	20 л	345	165	470	4	30

На рисунках 4÷ 9 наведено загальний вигляд бортових транспортних засобів, завантажених резервуарами.

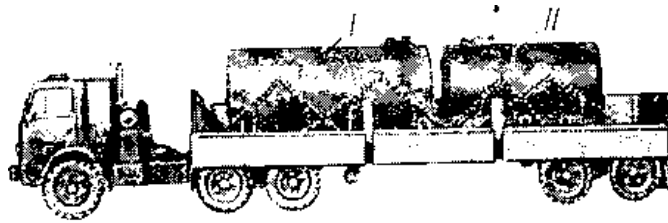


Рисунок 4 – Автопотяг КамАЗ-5320 завантажений резервуаром Р-8 в кузові

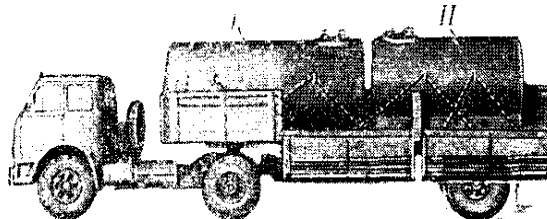


Рисунок 5 – Автопотяг КамАЗ+ОдАЗ-9370 завантажений резервуарами з паливом (1 - резервуар Р-8, 2 - резервуар Р-6)

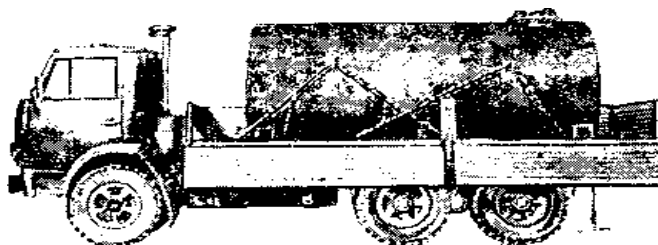


Рисунок 6 – Автопотяг МАЗ-504А + 5245 завантажений резервуарами з паливом (1 - резервуар Р-8, 2 - резервуар Р-6)

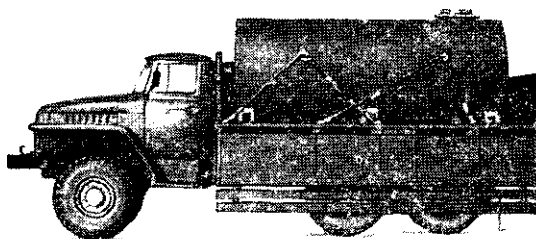


Рисунок 7 – Автомобіль «Урал-375Н» завантажений резервуаром Р-8 з паливом.

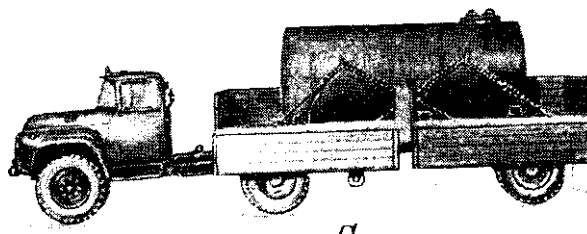


Рисунок 8. Автопотяг ЗИЛ-130В1 + ОдАЗ-885, завантажений резервуаром Р-8 з паливом

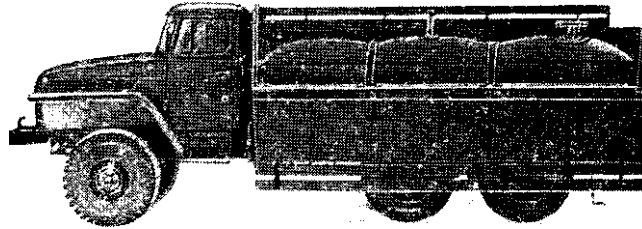


Рисунок 9 – Автомобіль «Урал-375Н» завантажений гумовотканинним резервуаром МР-6 з паливом

Гумовотканинні резервуари є замкнутими еластичними оболонками прямокутної форми. Головна їх гідність в тому, що вони мають власну масу, яка у декілька разів менше маси сталевих резервуарів такої ж місткості. Резервуари МР-4 і МР-6 можуть транспортуватися в заповненому стані. Їх габаритні розміри і місткість забезпечують вписуваність до кузову ТЗ відповідної вантажопідйомності. Міцність конструкцій МР-4 і МР-6 дозволяє виконувати навантажувально-розвантажувальні операції при повному їх заповненні паливом. Але є і обмеження при перевезеннях [2]:

- при температурі мінус 40°C і нижче оболонка втрачає еластичність і можливо руйнування всієї конструкції;

- заповнені резервуари повинні надійно кріпитися, оскільки незакріплені резервуари можуть переміщатися (перекочуватися).

- вищезгадані автомобілі з паливом повинні рухатися з дотриманням заборонених засобів, на збільшених дистанціях, з швидкістю до 50 км/годину на прямолінійних ділянках і до 40 км/годину на поворотах і закругленні доріг.

Вибираючи режим руху водіям рекомендується враховувати, що положення центру ваги ТЗ, завантаженого сталевим горизонтальним резервуаром, значно підвищується. А при перевезенні рідин в гумовотканинних резервуарах центр ваги зміщується залежно від нерівності доріг і зміни напрямку руху. Окрім цього водіям рекомендується уникати різких розгонів, гальмувань і поворотів, а також зупинок на спусках і підйомах. На зупинках водіям наказує перевіряти стан резервуарів з рідиною і їх кріплення, при необхідності проводити підтяжку стягувань і вживати заходів до усунення несправностей, що можливо з'явилися.

1.3 КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Автомобільні дороги поділяють на міські, селищні і позаміські [2]. За своїм значенням автомобільні дороги діляться на загальнодержавні, обласні, краєві, місцеві (районні і сільськогосподарські) і відомчі (промислові, лісгоспні і інші). Розрізняють також курортні дороги, що використовуються переважно для пасажирських сполучень в курортних районах.

Автомобільні дороги з великою інтенсивністю руху, призначені виключно для автомобільного руху, називають автомагістралями. Залежно від ступеня технічної досконалості позаміські автомобільні дороги загального користування діляться на п'ять технічних категорій.

При віднесенні дороги до тієї або іншої категорії враховують її значення і перспективність (розрахункову інтенсивність руху), вважаючи від року введення дороги в експлуатацію.

До *1 категорії* відносяться автомобільні дороги загальнодержавного значення, основні магістральні дороги обласного значення, а також під'їзди від крупних міст до аеропортів, річковим і морським портам з розрахунковою інтенсивністю руху більше 7000 автомобілів на добу.

Автомобільні дороги *2 категорії* мають те ж значення, але з меншою розрахунковою інтенсивністю руху – від 3000 до 7000 автомобілів на добу.

До *3-й категорії* відносять автомобільні дороги загальнодержавного значення (окрім віднесених до 1 і 2 категорій), основні дороги обласного значення (або районного – за відсутності обласного розподілу), під'їзди до населених пунктів, залізничних вузлів, річкових і морських портів, місць масового відпочинку населення, а також під'їзні дороги підприємств з розрахунковою інтенсивністю руху від 1000 до 3000 автомобілів на добу.

До *4-й категорії* відносять автомобільні дороги обласного або районного значення (окрім віднесених до 3 категорії), під'їзні дороги загальної сіті, промислових підприємств, крупних будівельних об'єктів, радгоспів і колгоспів з розрахунковою інтенсивністю руху від 200 до 1000 автомобілів в добу

До 5-й категорії віднесені дороги місцевого значення (окрім доріг 4-й категорії), внутрішньопромислові дороги і під'їзди, постійні внутрішні дороги, радгоспів і колгоспів, а також службові і патрульні дороги з розрахунковою інтенсивністю руху менше 200 автомобілів на добу.

Для кожної технічної категорії доріг встановлені технічні нормативи. До таких технічних нормативів відносять число смуг руху, ширину проїжджої частини дороги, якнайменші радіуси закруглює в плані, найбільші подовжні ухили і інші нормативи.

Поява автомобілів імпортного виробництва в нашій країні, поліпшення умов експлуатації, накопичення досвіду по експлуатаційній надійності автомобілів при їх роботі в різних умовах, а головне розширення діапазону застосування автомобілів, потребує уточнення класифікації умов експлуатації. У зв'язку з цим розроблені класифікації умов експлуатації, що враховують види дорожніх покриттів, рельєф місцевості і умов руху, наведені [4] в таблиці 7.

Таблиця 7 – Класифікація дорожніх покриттів.

Позначення груп доріг	Основні види дорожніх покриттів (у відповідності з СНиП 11-Д.5-72)
Д ₁	Цементобетонні (монолітні і збірні). Асфальтобетонні з сумішей, що укладаються в гарячому, теплому і холодному стані.
Д ₂	Покриття з бітономінеральних сумішей підібраного складу із застосуванням міцного щебеня і в'язкого бітуму, приготованого в змішувачах і що укладаються в гарячому стані.
Д ₃	Щебеневі, гравієві і з інших міцних мінеральних матеріалів з необхідним ущільненням їх при будівництві. Дегтеобразовані, що укладаються як в гарячому, так і холодному стані.
Д ₄	Покриття з каменя буличника і колоритного, покриття з ґрунтів і місцевих маломіцних каменювяжучих або різнов'язучих і добавок активних речовин.
Д ₅	Природні ґрунтові дороги або поліпшених різними місцевими матеріалами. Покриття, влаштовані із застосуванням дерев (лежневі, деревенчаті).
Рельєф місцевості	Р ₁ - рівнинний, Р ₂ - слабохолмистий; Р ₃ - горбистий; Р ₄ - гористий; Р ₅ - гірський

Всі автомобільні дороги, згідно приведеній класифікації враховують види дорожніх покриттів, рельєф місцевості, умови руху і знаходяться заданому ступеню технічної досконалості

1.4 ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ

Дорожні покриття характеризуються технічною категорією дороги. В процесі експлуатації всі автомобільні дороги піддаються дії природнокліматичних чинників і транспортних засобів, що рухаються по дорозі. З часом постійно погіршується первинний стан покриття доріг, а в окремих випадках вони повністю руйнуються. Саму руйнівну дію на дороги надає вода і різкі коливання температури. Вода, проникаючи в пори і тріщини дороги, сприяє інтенсифікації процесів фізичного і хімічного вивітрювання матеріалу, з якого вони побудовані. В результаті перезволоження ґрунту різко знижується стійкість і міцність земляного полотна і дорожнього покриття. Через нерівномірне відтаювання земляного полотна весною утворюються замкнуті об'єми талого перезволоженого ґрунту під проїжджою частиною, що нерідко приводить до руйнування дорожнього покриття при проїзді автомобілів по дорозі в цей період.

Потоки води, що утворюються при випаданні дощів і таїнні снігу, розмивають земляне полотно теж викликають передчасне руйнування.

Добові коливання температури повітря викликають температурні напруги, під діями яких в покритті дороги утворюються тріщини. При високих температурах на дорожніх покриттях, побудованих із застосуванням органічних терпких матеріалів, виникають зсувні деформації – хвилі, напливи і зсуви, які особливо погіршують проїзд транспортних засобів і надають значну дію на перевезення даного вантажу, на вивченні яких ми зупинимось докладніше.

Стисло охарактеризуємо перераховані деформації.

Просіли - западини різної величини з пологими схилами, виникаючі на поверхні дороги нежорсткого типу.

Проломи - руйнування поверхні дороги на всю її товщину, звичайно у вигляді довгих прорізів по смугах накату коліс. Ці деформації звичайно виникають на поверхні дороги перехідного типу при недостатній міцності і перезволоженні підстиляючого ґрунту.

Крізні тріщини з'являються в результаті розриву матеріалу пружно-жорсткої поверхні дороги при явищах просадчиків.

Сітка тріщин - ознака недостатньої міцності підстави або самого покриття. Виникають ці деформації звичайно весною, коли спостерігається загальне пониження міцності поверхні дороги.

Пошкодження кромки проїжджої частини - руйнування покриттів в місцях сполучення з узбіччями при наїзді вантажних автомобілів на кромку проїжджої частини за відсутності укріпних смуг на узбіччях.

Фарбування - руйнування покриття від втрати ним окремих частинок в результаті недостатнього зчеплення між ними.

Вм'ятини - поглиблення, що з'являються в пластичних покриттях при проїзді ТЗ.

Колії - подовжні поглиблення, що утворюються від руху коліс по одному сліду при недостатньому ущільненні покриття.

Вибойни - місцеві руйнування покриттів різноманітної форми.

Хвилі - нерівності, що повторюються через 0,5 - 15 м у вигляді гребенів або западин, перпендикулярно розташованих до напрямку руху транспорту. Більш інтенсивно хвилі утворюються на покриттях, оброблених рідкими органічними терпкими способом змішення на дорозі.

Зсуви - зсуви покриття під впливом дотичних сил, співпадаючі з напрямком руху. Зсуви виникають при поганому зчепленні покриття з дорожньою підставою.

Знос (стирання) - рівномірне або нерівномірне зменшення товщини дорожнього покриття в результаті відриву частинок матеріалу від основного шару і видалення їх з поверхні проїжджої частини дороги при русі автомобілів.

Враховуючи наявність нерівностей, що мають велике розповсюдження на всіх дорогах України з'являються фізичні явища пов'язані з коливанням рідин, що транспортуються. У зв'язку зі складністю фізичних явищ, в науковій літературі не отримано в остаточному вигляді рішення задачі визначення динамічних характеристик які відбуваються в резервуарах заповнених рідиною при транспортуванні.

Саме це викликало необхідність в рамках дипломного проекту, провести дослідження впливу нерівностей дорожнього покриття на ТЗ з резервуарами, що містять рідину з метою вивчення фізичних ефектів і закономірностей, виникаючих при її коливаннях.

1.5 ВПЛИВ МІСЦЕВИХ ПРИРОДНИХ УМОВ НА СТАН ДОРІГ

До місцевих природних умов відносять кліматичні, топографічні, геологічні, ґрунтові і гідрогеологічні умови, а також рослинний покрив [3].

Від *кліматичних умов* (кількості випадаючих опадів по місяцях, товщина снігового покриву, напрями і швидкості вітру, кількості завірюх, температури повітря і ґрунти числа днів з туманами і ожеледдю) залежать ступінь зволоження земельного полотна, заноситься його снігом або піском, а також способи зміцнення укосів від розриву і вивітрювання. Виходячи з кліматичних, топографічних і геологічних умов вибирають форму земляного полотна, ступінь ущільнення ґрунтів, вирішують питання про необхідність застосування морозостійких шарів ґрунту.

З урахуванням *топографічних умов* (рельєфу місцевості) вибирають трасу дороги, подовжній і поперечній профілі земляного валу. Рельєф місцевості впливає на характер стоку води, ступінь зволоження місцевості, вартість споруди земляного полотна.

Від *геологічних і гідрогеологічних умов* залежить стійкість насипів виїмок на крутих схилах.

Залежно від *ґрунтових умов* визначають конструкцію і розміри дорожнього одягу і земляного полотна (крутизна укосів, висота насипу, порядок розташування різномірних ґрунтів по висоті насипу).

Гідрологічні умови на призначення висоти насипу, тип зміцнення земляного полотна, а також на розміри споруд водовідведень. Ці умови, що визначають характер поверхневого стоку води в районі проекрованої дороги, залежить від рельєфу місцевості, клімату, рослинності ґрунтів.

ВИСНОВКИ ПО ПЕРШОМУ РОЗДІЛУ

1. Проведено аналіз існуючих способів транспортування рідини та компонувальних схем паливозаправників.

2. Визначена проблема заправки різнопланової техніки, яка безперервно, або тривалий строк виконує роботу на окремих об'єктах. Різноманітність цієї техніки потребує невелику кількість, але різних видів палива. Це ставить задачу розробки малих паливозаправників, які повинні мати добру прохідність по ґрунтовим дорогам і достатню швидкохідність по асфальтовим дорогам, оперативність, економічність, яка дозволить забезпечити підвіз палива при мінімальних витратах на його доставку.

3. Розглянута класифікація автомобільних доріг, яка враховують види дорожніх покриттів, рельєф місцевості, умови руху і знаходяться на заданому ступені технічної досконалості.

4. Визначено, що водії автомобілів з резервуарами які заповнені паливом повинні враховувати рельєф місцевості, фізико-механічні властивості ґрунтів і видів нерівностей, а також вплив місцевих природнокліматичних чинників на стан доріг.

5. Визначені чинники впливу на дорожнє покриття, внаслідок чого на дорожньому покритті утворюються нерівності у вигляді хвиль, що повторюються через 0,5 - 15 м, які впливають на автомобілі з резервуарами, заповненими рідиною. Незалежно від поточного стану доріг вплив перелічених чинників погіршує умови транспортування рідини та ускладнює керування ТЗ. Тому метою дипломної роботи стає вивчення фізичних ефектів і закономірностей, виникаючих при коливанні рідини в резервуарах (цистернах) під час транспортування і її вплив на автомобілі, що може привести до небажаних наслідків.

Таким чином, обґрунтована необхідність провести дослідження, які дозволять оцінити динамічні навантаження автомобілів з резервуарами, що містять рідину.

Зважаючи на складність сформульованої задачі дипломної роботи необхідно використовувати метод дослідження, який базується на математичному і фізичному моделюванні.

2. ТЕОРЕТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «АВТОМОБІЛЬ - РІДИНА, ЩО ТРАНСПОРТУЄТЬСЯ»

2.1 ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РІДИНИ

Умовно, всі чинники, що впливають на динамічні характеристики автомобіля з рідиною, що транспортується (А-РТ), можна розділити на зовнішні і внутрішні.

Зовнішні чинники - частота і амплітуда зовнішньої дії визначаються нерівностями доріг і швидкістю переміщення даної механічної системи типу А-РТ.

Нерівності дороги (вибоїни, ями, хвилі і інше) є головною причиною, що викликає коливання автомобілів і мають випадковий характер. Нерівності дороги залежать від стану і якості дорожнього покриття, структури ґрунту даного типу доріг, температурних і атмосферних впливів і інших чинників. В даний час накопичений великий статистичний матеріал, що характеризує зовнішню дію на автомобіль. Проте, як затверджує автор роботи [5], в даний час не представляється можливим сформулювати критерій, точно визначаючий дію нерівностей дороги на коливання автомобіля. Проте інші автори робіт, з деякими обмовками, роблять наступний висновок: зовнішня дія на ходову частину автомобіля є стаціонарним, нормальним, гармонійним випадковим процесом. Цілком можлива заміна всієї сукупності нерівностей доріг яким-небудь одним самим представницьким процесом, еквівалентним по зовнішній дії.

Пропонується розглядати нерівності дороги, при сталій швидкості автомобіля (тобто $V = \text{const}$), у вигляді виразу:

$$W = q \sin (vt + \varphi_0),$$

де W - висота нерівностей (фактична), м;

q - амплітуда нерівностей, м;

v - частота проходження нерівностей, 1/с;

t - час, в течії якого спостерігається процес, годинах;

φ_0 - фаза.

$$\omega_{\text{вим}} = 2\pi V/S ,$$

де $\omega_{\text{вим}}$ - вимушена частота коливань, 1/с;

V - швидкість ТЗ, м/с;

S - довжина нерівності, м.

Необхідно оцінити зовнішню дію на резервуари (цистерни), що містять рідину, при транспортуванні за допомогою автомобілів. З цією метою, як приклад, задамося діапазоном допустимих швидкостей для автомобілів з рідиною що транспортується від 10 до 25 км/годину і довжинами нерівностей у вигляді хвиль, що повторюються через 0,5 - 15 метрів. Графіки залежності вимушеної частоти ($\omega_{\text{вим}}$) коливань від швидкості руху автомобіля і довжини нерівностей дороги приведені на рисунку 10.

Як відомо власна частота ($\omega_{\text{вл}}$) поперечних коливань металевих резервуарів, які містять рідину даного класу, знаходиться в межах від 1 до 10 Гц [3].

З графіка (рисунок 10) видно, що найбільша небезпека входження резервуару у резонанс (тобто за умови, що $\omega_{\text{вим}} = \omega_{\text{вл}}$) при транспортуванні знаходиться в діапазоні малих швидкостей і в зоні невеликих довжин нерівностей. Оскільки заповнений резервуар зменшує власну частоту коливань при транспортуванні, то небезпека попадання в резонанс ще більше збільшується. Тому доцільно провести дослідження і виробити рекомендації по зниженню динамі-

чного навантаження механічної системи типу «автомобіль - рідина, що транспортується» (А-РТ).

До внутрішніх чинників, що впливають на динамічні характеристики автомобілів, відносяться:

1. Конструктивне виконання автомобілів.
2. Загальна маса механічної системи типу А-РТ.
3. Розподіл маси усередині механічної системи типу А-РТ.
4. Жорсткість зв'язків між окремими частинами механічної системи типу А-РТ.
5. Ізгібна жорсткість елементів механічної системи типу А-РТ.
6. Місцеположення опор механічної системи типу А-РТ.
7. Демпфуючі характеристики механічної системи типу А-РТ.

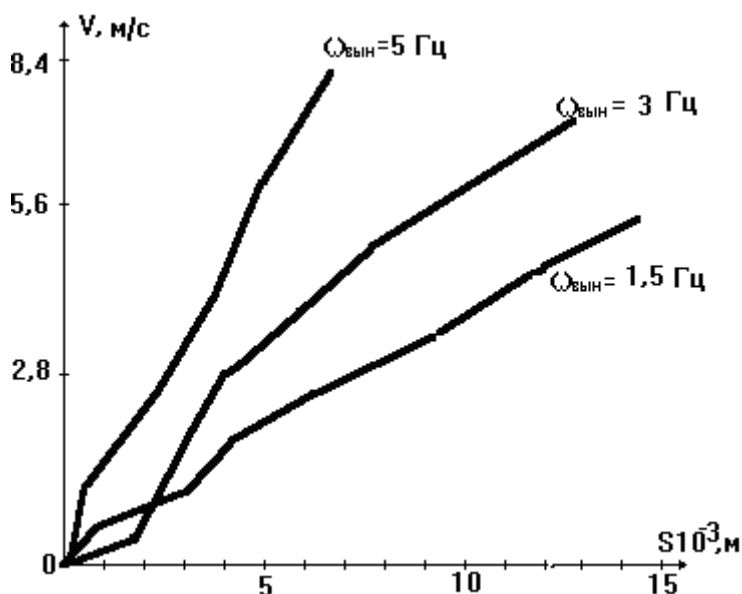


Рисунок 10 – Графік залежності вимушеної частоти коливань від швидкості руху і довжини нерівностей дороги

Таким чином, необхідно відзначити, що всі названі чинники роблять різний вплив на динамічні характеристики механічної системи типу А-РТ. Отже, доцільно провести дослідження, які дозволять виявити ступінь цього впливу і виробити рекомендації по їх зниженню при транспортуванні резервуарів заповнених рідиною.

2.2 ВИБІР РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ТИПУ «АВТОМОБІЛЬ - РІДИНА, ЩО ТРАНСПОРТУЄТЬСЯ» І ПРИЙНЯТІ ДОПУЩЕННЯ

Вибір розрахункової схеми механічної системи типу А-РТ є важливим етапом у визначенні динамічних характеристик механічної системи. Розрахункові схеми механічних систем є наближенням, що ідеалізується, до даної механічної системи. Побудова розрахункової схеми припускає введення допущень, що враховують відносну важливість різних елементів даної механічної системи. Причому відповідність розрахункової схеми і механічної системи може торкатися лише певних чинників, фізичних явищ або динамічних характеристик. Сама по собі розрахункова схема не може бути істинною або помилковою, вона може бути придатною або непридатною для вивчення механічної системи.

Складність теоретичного аналізу коливань механічної системи типу А-РТ значною мірою залежить від великого числа елементів даної об'ємної механічної системи, яка має нескінченне число ступенів свободи.

Відмітними особливостями об'єкту транспортування є [4]: значні вага і довжина, обмежена здатність корпусу сприймати згинаючі моменти і динамічні навантаження, наявність маси рідини, що транспортується.

Процес забезпечення високих динамічних якостей автомобілів досить складний та складається з наступних основних компонентів [4]:

1. Аналізу граничних станів і застосування вірогіднісно-нормативного методу оцінки міцності механічної системи, що транспортується по відповідним граничним станам.

2. Визначення моделі нормативної функції зовнішньої дії на автомобіль.

3. Вибору динамічних моделей і методів аналізу динамічних властивостей А-РТ на різних етапах проектування.

4. Прогнозування динамічних станів механічної конструкції в умовах часткової невизначеності, тобто на етапах, коли вибрана попередня ком-

поновка автомобіля, але ще немає конструктивних подробиць, необхідних для виконання точних розрахунків динаміки всієї механічної конструкції.

При розробці технології транспортування механічної конструкції необхідне дотримання наступних нормативних вимог [4]:

- забезпечити захист механічної конструкції від механічних пошкоджень, попадання значних атмосферних опадів, пилу і грязей;

- виключити можливість передачі на механічну конструкцію згинаючих моментів і зусиль, що виникають при деформації опорної рами автомобіля;

- мати підресорювання, яке виключає виникнення перевантажень, що перевищує допустимі;

- мати надійне кріплення корпусу механічної конструкції з резервуаром, що виключає його подовжні переміщення і поворот навкруги осі.

Реальні динамічні характеристики механічної системи типу А-РТ, настільки складні, що не піддаються точному опису. Тому, аналітичні труднощі, що виникають в зв'язку з більш менш точним математичним описом динамічних характеристик автомобіля, в даний час долаються за рахунок точного опису основних фізичних властивостей головних елементів, що становлять механічну систему типу А-РТ. При цьому використовують допущення, які звичайно застосовуються в теорії підресорювання автомобілів [10]:

- рух автомобіля з рідиною у паливному відсіку прямолінійно;
- підвіска щодо подовжньої осі автомобіля симетрична;
- профіль шляху під лівим і правим колесами однаковий;
- колеса автомобіля мають двосторонній зв'язок з дорогою, тобто вони не відриваються від опорної поверхні при коливальних процесах.

Складність теоретичного аналізу коливань, багаторівневої механічної системи типу А-ТР, значною мірою залежить від великого числа елементів даної об'ємної механічної системи, яка має безконечне число ступенів свободи. Априорне завдання форми коливання утворює розрахункову схему з кінцевим

числом ступенів свободи. Рух механічної системи типу А-РТ складається з лінійних вертикальних коливань, кутових коливань корпусу в подовжній площині автомобіля і кутових коливань корпусу в поперечній площині.

Основну увагу повинно бути надано першим двом видам коливань, як тім що роблять найістотніший вплив на коливання руху автомобіля. Проте в задачах навантаження транспортування інтерес представляють не перехідні процеси, пов'язані з початковими умовами руху, прискорення або гальмування, а тільки ті коливання, які встановлюються в системі при рівномірному русі після затухаючих початкових процесів. Зокрема, при русі із сталою швидкістю подовжні коливання автомобілів майже не відчуваються і дозволений обмежитися дослідженнями коливань автомобіля у вертикальній площині, що проходить через подовжню вісь. Саме такі сталі вимушені коливання і розглядатимуться в дипломній роботі.

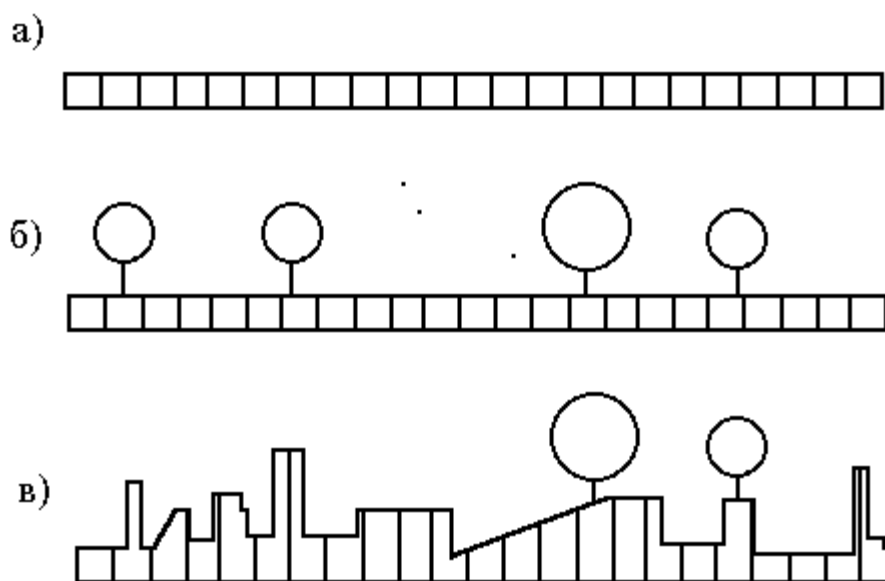
Численні теоретичні і експериментальні дослідження дозволяють при вивченні динаміки об'єктів, співвідношення у яких довжини до діаметра більше чотирьох, представляти як пружну конструкцію автомобіля у вигляді тонкостінних балок із змінними або постійними по довжині жорсткістю і розподіленою масою (рисунк 11). Тому, механічна система типу А-РТ в загальному випадку може розглядатися як система взаємозв'язаних пружних і твердих тіл, що створюють коливання у вертикальній площині, що проходять через подовжню вісь симетрії автомобіля. Коливання збуджуються тільки дорожніми нерівностями.

Особливістю даної системи, як було відзначено, є наявність в конструкції резервуарів, що містять рідину. Представимо рідину у вигляді зосереджених мас роблять складний рух. Оскільки рівняння коливань вільної поверхні рідини аналогічні рівнянням коливань маятників, то, природно, виникає питання про заміну рідини, що коливається, системою математичних маятників. Можливість такої заміни була показана в роботах [4].

Це допущення не спотворює істоти задачі, а лише спрощує її, оскільки ставиться питання про заміну рідини, що коливається, деякою механічною сис-

темою. Початкову систему представимо у вигляді тіла з n математичними маятниками. Точка підвісу математичних маятників розташовується в центрі маси, на якій вона підвішена.

Ця маса закріплюється на умовній і невагомій нитці підвісу l . Маса маятника може відхилюватися на кут φ відносно подовжньої осі рами. Надалі вважатимемо, що рух системи характеризується тільки вертикальним переміщенням $y = y(t)$ і кутом повороту маси рідини усередині резервуара $\varphi = \varphi(t)$.



\Рисунок 11 – Схема динамічної моделі балки.

а) з рівномірно розподіленим навантаженням, б) з рівномірно розподіленим навантаженням і зосередженими точочними масами, в) з кусочно-лінійним розподілом навантаження і зосередженими масами.

Автори ряду робіт представляють конструкцію механічної системи у вигляді балки прямокутного перетину з постійною по довжині розподіленою масою і жорсткістю на вигин (рис.11.а). Пружна вісь балки в стані, що не деформується, прямолінійна і співпадає з лінією центрів ваги поперечних перетинів корпусу. При цьому під пружною віссю розуміється безліч точок, до яких повинні бути прикладені зовнішні сили, щоб викликати вигин корпусу без кручення.

В погонну масу балок, що імітують дану механічну систему, включають масу резервуарів разом з підкріплюючими елементами і приєднаними до них пристроям.

В погонну масу механічної системи типу А-РТ включають масу самої рами і кузова автомобіля, а також допоміжне технологічне обладнання, встановлене на рамі автомобіля (якщо таке є).

Автори ряду робіт розглядають динамічні моделі залізничних вагонів, призначених для перевезення рідин. Як елемент багатоярусної системи вони використовують балочний елемент з розподіленою масою, а в місцях, де зосереджені крупні елементи обладнання, вони замінюються зосередженими масами. Це дозволяє отримати більш точну динамічну модель системи (рисунок 11.б, в), ніж була розглянута раніше.

Виходячи з вищевикладених загальноприйнятих допущень, в дипломній роботі для дослідження впливу зміни динаміки поведінки автомобіля з резервуарами заповненими рідиною, вибрана динамічна модель, схема якої представлена на рисунку 12. Вона складається з трьох пружних балочних конструкцій з рівномірно розподіленим навантаженням по довжині балки, які імітують незаповнений резервуар (1), на якому закріплена зосереджена маса (2) що імітує частину рідини, яка не коливається і (3) яка коливається, в резервуарі, платформи (кузову) автомобіля (4) і раму автомобіля (5).

Зв'язок між незаповненим резервуаром і платформою (кузовом) автомобіля здійснюється через додаткові елементи кріплення. Схематично елементи кріплення можна представити як пружно-пластичні зв'язки, прикріплені жорстко до верхнього ярусу і що спираються вільно на нижній ярус. Зв'язки між платформою (кузовом) і рамою автомобіля в роботі [5] розглядалися пружними і лінійними.

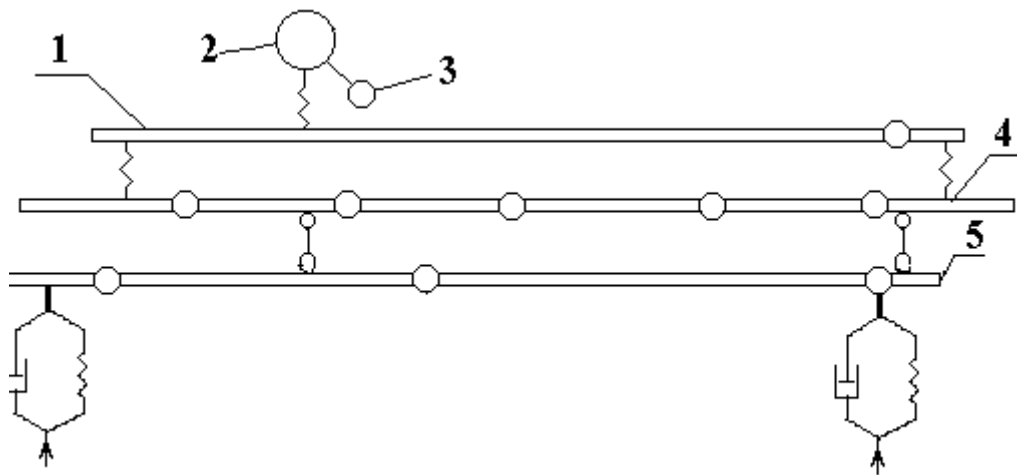


Рисунок 12 – Розрахункова схема динамічної моделі А-РТ

В реальних конструкціях між другим і третім ярусами існує по два зв'язки. Оскільки дана повна розрахункова схема (рисунок 12) достатньо складна, то розглянемо підсистему, як механічну дворівневу типу А-РТ, яка матиме вигляд, приведений на рисунку 13. Для оптимальних в динамічному відношенні конструкцій така постановка задачі цілком реальна, оскільки, **по-перше**, модель нормативної зовнішньої дії на автомобіль представляється у вигляді декількох частних функцій, кожна з яких описує зовнішню дію лише в певному вузькому діапазоні частот, а, **по-друге**, із зростанням частоти коливань область розповсюдження зовнішньої дії по конструкції звужується. Зменшується і ступінь впливу ізгібних коливань несучої конструкції резервуарів на коливання автомобіля. Таким чином, якщо низькочастотні дії викликають коливання автомобіля в цілому, то у міру зростання частоти переважаючу роль починають грати ізгібні коливання конструкції, відсіки якої заповнені рідиною.

Вибір приведеної розрахункової схеми (рисунок 13) для розробки математичної моделі виконувався на основі раніше сформульованої мети і задач. Приведена розрахункова схема включає несучу конструкцію транспортного засобу 3, пов'язану з підставою 1 і балкою 5, яка імітує незаповнений резервуар за допомогою пружних невагомих зв'язків 2 і 4.

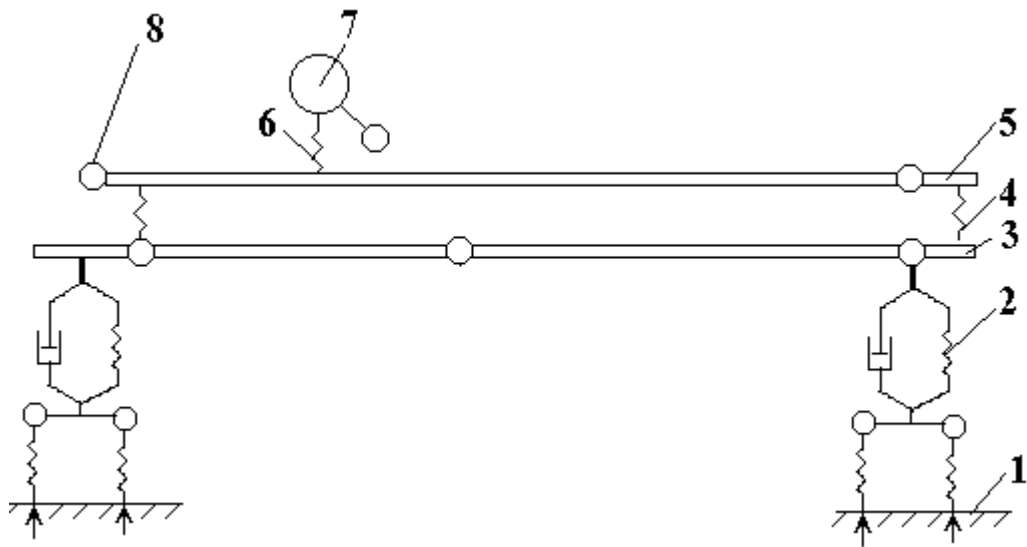


Рисунок 13 – Схема динамічної дворівневої механічної системи А-РТ

Зосереджена маса 7, прикріплені до балки 5 за допомогою пружного зв'язку 6, імітує рідину. За допомогою розрахункової схеми (рисунок 13) передбачається досліджувати вплив приєднаної маси на частоту і амплітуду коливань консольної частини 8 балки 5.

Однак і ця розрахункова схема достатньо складна, оскільки має нескінченну безліч ступенів свободи. Тому виникає необхідність вивчити фізичні процеси, що відбуваються в механічній системі типу А-РТ при дії вимушених коливань на динамічних моделях з дискретним описом. Зрозуміло, дані, отримані при дослідженні, не можна просто переносити на реальні об'єкти, оскільки при проведенні досліджень не можуть створити всі умови, які можуть відбутися насправді. Проте можна уловити найістотніші риси процесу. Подальша задача досліджень зводиться до того, щоб врахувати процеси які спостерігаються в математичних моделях і перевірити їх правдивість при експериментальних дослідженнях.

2.3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ У ВИГЛЯДІ МОДЕЛІ, ІЗ ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Практично кількісна оцінка погрешностей параметрів математичної моделі може бути здійснений лише в процесі розробки конструкції, коли з'явля-

ється можливість лабораторних випробувань. І лише використання експериментальних динамічних характеристик парціальних підсистем, розроблених відповідно до математичної моделі конструкції, дозволяє визначити динамічний стан даної системи з прийнятною точністю в області частот, охоплюваних цією моделлю).

Таким чином, перехід від даного реального об'єкту проектування до побудови розрахункової моделі конструкції, придатної для дослідження властивостей, включає наступні етапи :

- аналіз схемних і конструктивних рішень;
- вибір конструктивно-силової схеми;
- вибір розрахункової моделі з віддзеркаленням зв'язку її параметрів з конструктивними;
- постановку задачі, яку потрібно вирішити;
- вибір математичної моделі задачі з урахуванням зовнішніх дій в рамках будівельної механіки і математики;
- розрахунок, аналіз і оцінка моделі
- сопоставлення результатів розрахунку з даними про реальну поведінку конструкції.

Вибираючи динамічну модель необхідно прагнути, з одного боку, до можливо більш адекватного відображення в ній явища, що вивчається, а з другого боку, до можливого спрощення рівнянь, що описують динаміку.

2.3.1 ДВОХМАСОВА МОДЕЛЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ У ВИГЛЯДІ МОДЕЛІ, ІЗ ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

На початковій стадії вивчення роботи системи, коли про автомобіль і відсіки, що містять рідину є найзагальніше уявлення, для оцінки динамічного навантаження конструкції об'єкту в дипломній роботі використовується модель двохмасової механічної системи. Ця модель складається із зосередженої маси m_1 під якою мається на увазі автомобіль і резервуар, що містить рідину, представлено зосередженою масою m_2 , сполучених між собою і прикріплених до

пружної підстави пружними елементами з приведеною жорсткістю, що схематизували відповідно C_1 і C_2 .

Описана розрахункова схема, представлена на рисунку 14, не може повністю описувати всі властивості даної механічної системи типу А-РТ, оскільки реальна система містить елементи з розподіленими параметрами, які мають безліч ступенів свободи, які можуть мати зосереджені включення, у вигляді технологічного устаткування (насоса, вимірювальної апаратури, роздаткових рукавів), рідини і іншого. Проте, описана модель має методичний характер і служить основою для аналізу, прогнозування динаміки і подальшого нарощування конструкції з метою детального дослідження поведінки даної механічної системи. Таким чином, на першому етапі досліджень, що проводяться, складну механічну систему замінюємо спрощеним механічним аналогом з кінцевим числом ступенів свободи, представлених комбінацією точечних мас і пружних елементів. Рівняння руху такої моделі дозволяють виявити деякі загальні закономірності, властиві будь-якої механічної системи типу А-РТ.

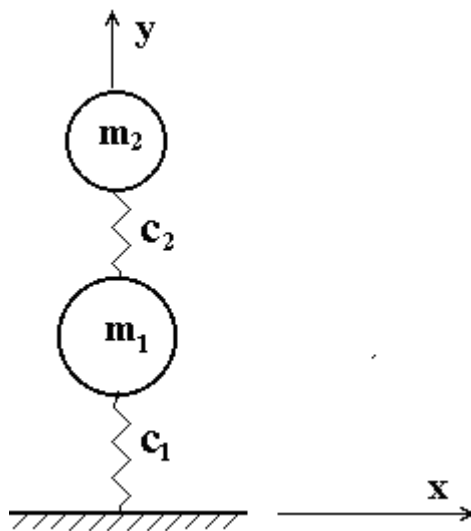


Рисунок 14 – Розрахункова схема двохмасової моделі механічної системи

Справжня розрахункова схема достатньо добре відома. Вважаємо, що вагнтажі m_1 і m_2 здатні скоювати коливання тільки у вертикальній площині.

В дипломній роботі ця схема може бути корисний: **по-перше**, для виявлення характеру фізичного процесу, що вивчається, при визначенні власних коливань автомобіля (під яким мається на увазі маса m_1) і “сухого резервуару”

(під якою мається на увазі маса m_2), а по-друге, як еталон для перевірки правильності і розробки подальших розрахункових схем, необхідних для дослідження математичної моделі коливань механічної системи типу А-РТ.

Метою досліджень є визначення частоти власних коливань мас системи, причому, враховувати будемо тільки частоту коливань 1-го тону, оскільки він є визначаючим, як показано авторами робіт [5].

Рівняння руху для розрахункової схеми (рисунок 14) мають наступний вигляд [14]:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1 + c_1 y_1 - c_2 (y_2 - y_1) &= 0, \\ m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (y_2 - y_1) &= 0, \end{aligned} \quad (2.0)$$

де y_1 та y_2 – переміщення мас m_1 і m_2 від положення статичної рівноваги, за заданих початкових умов, наприклад, $y_1(0) = y_0$ та $\dot{y}_1(0) = 0$.

В розрахункову схему (рисунок 14) можуть бути введено демпфуючі елементи k_1 , k_2 і вимушуюча сила $P(t)$. Тоді розрахункова схема матиме вигляд, представлений на рисунку 15:

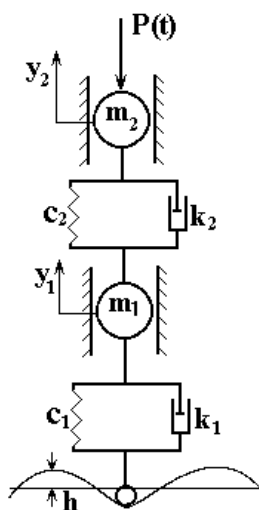


Рисунок 15 – Розрахункова схема вимушених коливань двохмасової механічної системи

Рівняння руху для розрахункової схеми (рисунок 15) мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1 + c_1 (y_1 - h) + k_1 (\dot{y}_1 - \dot{h}) - c_2 (y_2 - y_1) - k_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) &= 0; \\ m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (y_2 - y_1) + k_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) &= P(t) \end{aligned} \quad (2.1)$$

де h - висота передбачуваної нерівності.

В результаті рішення системи рівнянь (2.1) були отримані результати рахунку, які показують зміни переміщень і швидкостей мас m_1 і m_2 в часі, приведені на рисунку 16 а, б, в, г.

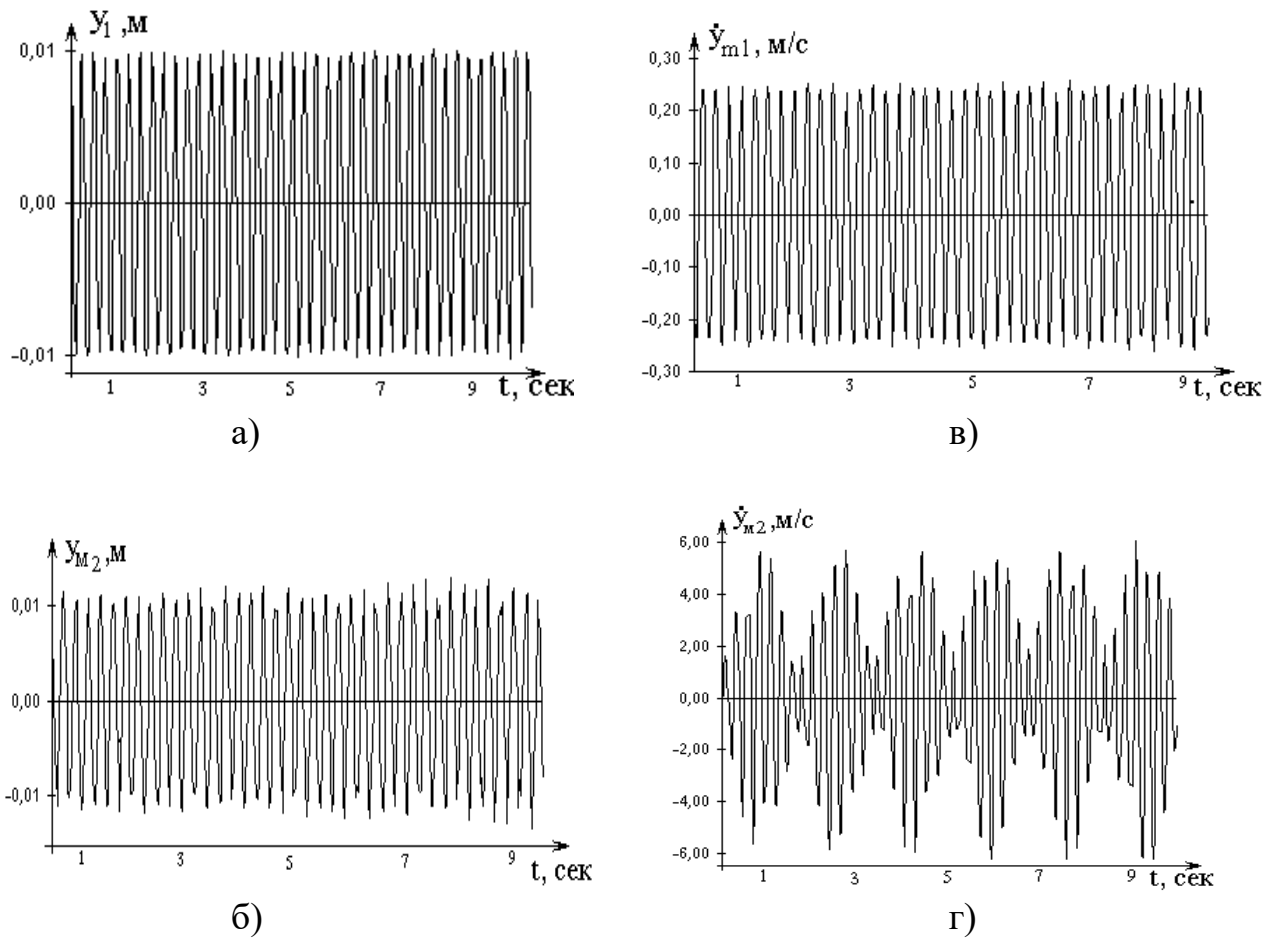


Рисунок 16 – Варіант графічного представлення результатів рішення системи рівнянь (2.1), отриманого за допомогою програми “Експеримент-1”

ВИСНОВКИ :

1. В результаті рішення системи рівнянь (2.1) була визначена перша частота власних коливань двохмасової моделі механічної системи типу автомобіль – порожній резервуар;

2. Для вивчення впливу рідини на частоти власних коливань двохмасової моделі механічної системи типу А-РТ необхідно ввести в розрахункову схему (рисунок 17) маятниковий підвіс (рисунок 18) з масою m_3 (під якою розглядатиметься рідина) і перейти до нової розрахункової схеми.

2.3.2 МОДЕЛЬ МАЯТНИКА З ТОЧКОЮ ПІДВІСУ, ЩО РУХАЄТЬСЯ

Маятник на невагомій нитці підвісу довжиною l і масою m_3 представлений розрахунковою схемою на рисунку 19. Точка підвісу маятника переміщається тільки у вертикальній площині відповідно до узагальненої координати y_2 . Маса m_3 може виконувати кутове переміщення з первинним відхиленням φ від стану спокою, при цьому центр маси знаходиться в координатах $X Y$.

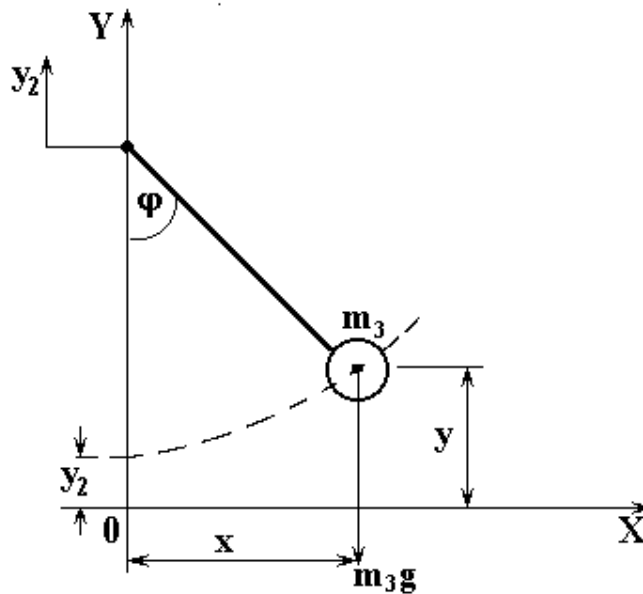


Рисунок 17 – Розрахункова схема маятника з точкою підвісу, що рухається

Проекція сил, діючих на m_3

$$\begin{aligned} m_3 \ddot{x} &= -N \sin \varphi, \\ m_3 \ddot{y} &= N \cos \varphi - m_3 g. \end{aligned} \quad (2.2)$$

На нитку підвісу діють сили N з протилежними знаками

$$\begin{aligned} N \sin \varphi &= -m_3 \ddot{x}; \\ N \cos \varphi &= m_3 \ddot{y} + m_3 g. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Рахуємо кут φ малим, тоді

$$\begin{aligned} \cos \varphi &\approx 1; \quad \sin \varphi \approx \varphi; \quad \dot{\varphi}^2 \approx 0; \\ N \varphi &= -m_3 \ddot{x}; \\ N &= m_3 \ddot{y} + m_3 g. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Координати положення маятника:

$$y = l - l \cos \varphi + y_2;$$

$$x = l \sin \varphi . \quad (2.5)$$

У такому разі

$$\begin{aligned} \ddot{y} &= l(\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi) + \ddot{y}_2 = l\ddot{\varphi} + \ddot{y}_2; \\ \ddot{x} &= l(\ddot{\varphi} \cos \varphi + \dot{\varphi}^2 \sin \varphi) = l\ddot{\varphi}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Після підстановки (2.6) у (2.4)

$$N\varphi = -m_3 l \ddot{\varphi} , \quad (2.7)$$

$$N = m_3(l\ddot{\varphi} + \ddot{y}_2) + m_3 q . \quad (2.8)$$

Підставимо (2.8) в рівняння (2.1)

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1 + c_1(y_1) - c_2(y_2 - y_1) &= 0; \\ m_2 \ddot{y}_2 + c_2(y_2 - y_1) &= m_3(l\ddot{\varphi} + \ddot{y}_2) + m_3 q. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Підставимо N з рівняння (2.8) в перше рівняння (2.7)

$$m_3 l \ddot{\varphi} = \varphi m_3 (l\ddot{\varphi} + \ddot{y}_2 + q), \quad (2.10)$$

$$m_3 l \ddot{\varphi} = \ddot{y}_2 \varphi m_3 + q \varphi m_3, \quad (2.11)$$

$$\ddot{\varphi} - \ddot{y}_2 \frac{\varphi}{l} = q \frac{\varphi}{l} . \quad (2.12)$$

Рівняння руху для трьохмасової механічної системи (рис.18) мають наступний вигляд:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{y} + c_1 y_1 - c_2 (y_2 - y_1) = 0, \\ m_2 \ddot{y}_2 + c_2 (y_2 - y_1) - m_3 l \ddot{\varphi} - m_3 q = P(T), \\ \frac{\varphi}{l} \ddot{y}_2 - \ddot{\varphi} + \frac{\varphi}{l} q = 0, \end{cases} \quad (2.13)$$

де $m_2 z = m_2 + m_3$.

ТРЬОХМАСОВА МОДЕЛЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Система рівнянь (2.9) і рівняння (2.12) описують трьохмасову механічну модель, представлену на рисунку 18. Положення такої моделі при розгляді коливань у будь-який момент часу визначається трьома ступенями свободи, якщо

вважати, що зосереджені маси m_1 ; m_2 можуть скоювати тільки вертикальні переміщення, а маса m_3 кутове переміщення з максимальним значенням кута відхилення φ .

За допомогою розрахункової схеми (рисунок 18) ставиться задача виявити залежність зміни частоти власних коливань механічної системи від:

1. наявності маси m_3 , за відсутності маятникових коливань
2. амплітуди і частоти маятникових коливань маси m_3
3. зміни довжини нитки підвісу l
4. зміни початкового кута відхилення φ ,
5. зміни жорсткості пружних елементів c_1 , c_2 (як разом, так і роздільно).

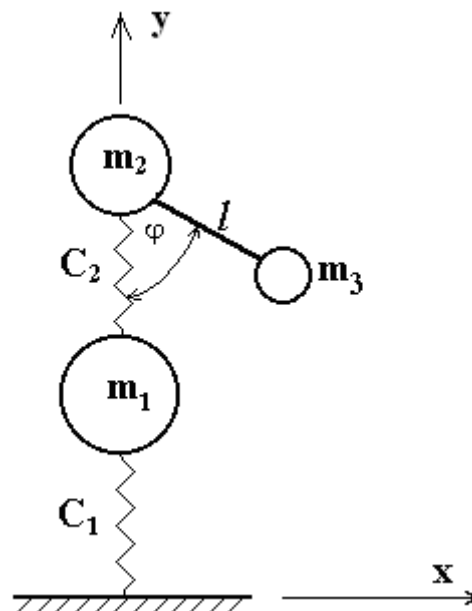


Рисунок 18 – Розрахункова схема трьомасової моделі механічної системи типу А-РТ

Рівняння руху (2.1) и (2.12) для розрахункової схеми (рисунок 18) мають наступний вигляд :

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{y} + c_1(y_1 - h) + k_1(\dot{y}_1 - \dot{h}) - c_2(y_2 - y_1) - k_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) &= 0 \\
 m_{z_2} \ddot{y}_2 + c_2(y_2 - y_1) + k_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + m_3 l \ddot{\varphi} + m_3 q &= 0 \\
 \frac{\varphi}{l} \ddot{y}_2 - \ddot{\varphi} + \frac{\varphi}{l} q &= 0, \text{ де } m_z = m_2 + m_3.
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

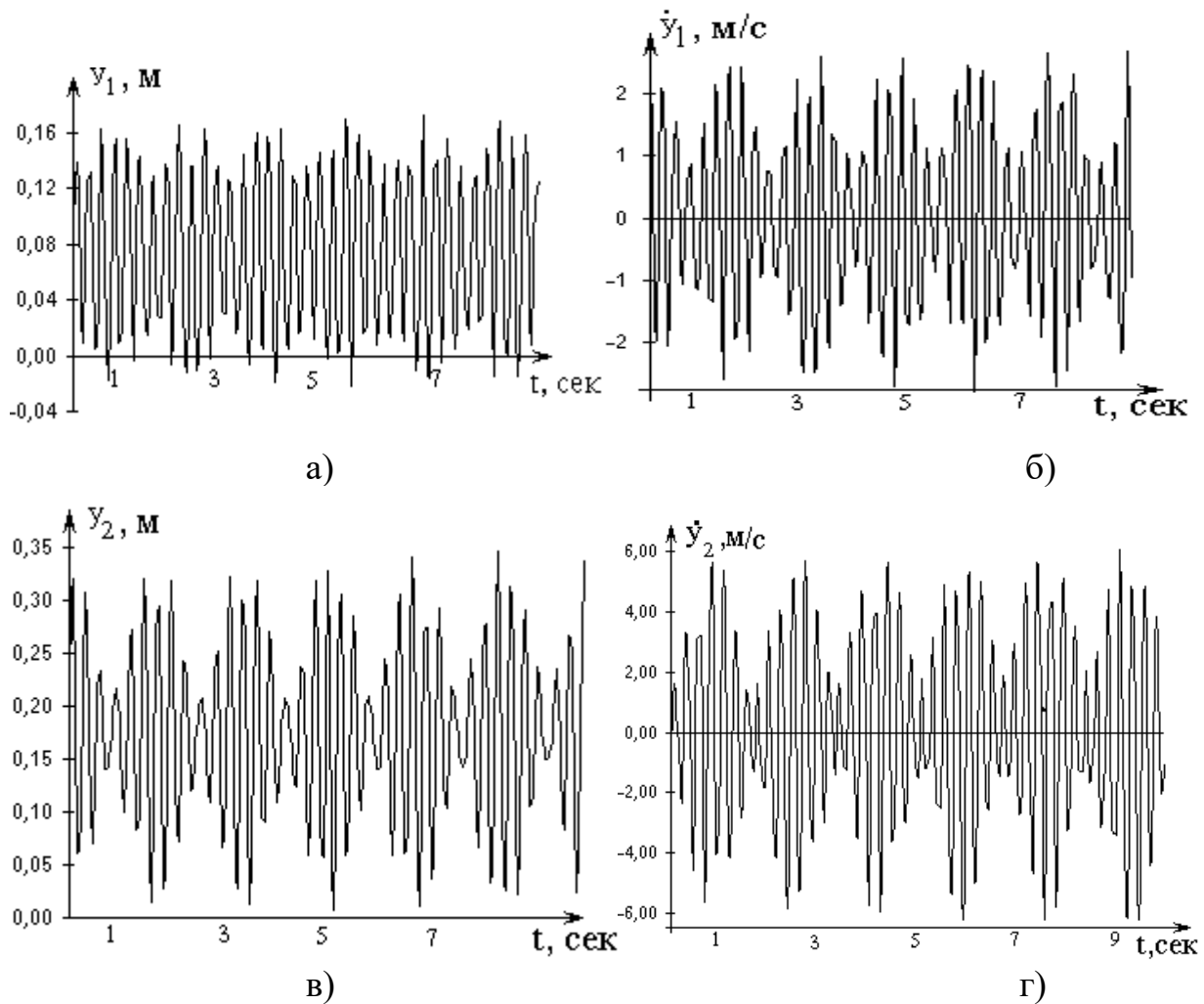
Для рішення отриманої системи диференціальних рівнянь використаний метод Рунге-Кутта. Основні положення цього методу приведено в роботі [5].

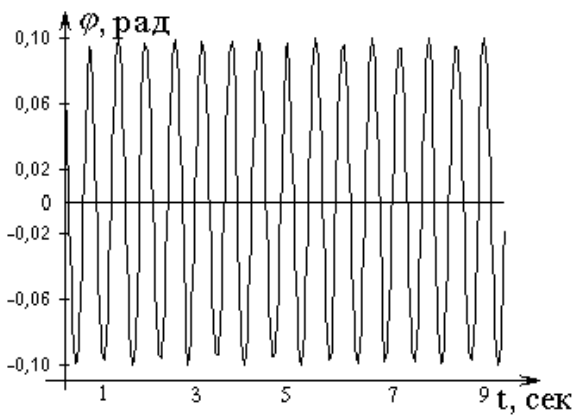
Результати рішення системи диференціальних рівнянь (2.13) приведені на рисунку 18. *а, б, в, г, д, е*.

В вигляді вхідних величини в початковий текст програми підставлялися значення в діапазонах: $m_1=m_2=m_3=0,2\div 2$ кг, $C_1=C_2=(0,1\div 2,5)*10^3$ н/м, $L=0,01\div 0,05$ м, $\varphi = 0\div 0,1$ рад.

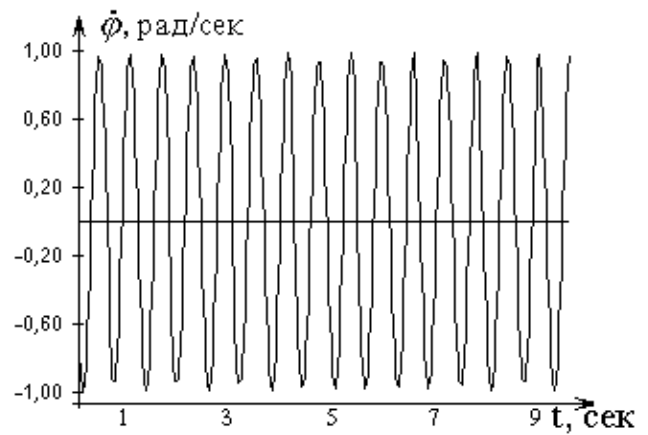
В результаті рішення системи рівнянь (2.13) були отримані результати розрахунку, які наочно показують зміни переміщень і швидкостей мас m_1, m_2, m_3

($y_1, \dot{y}_1, y_2, \dot{y}_2, \varphi, \dot{\varphi}$) в часі, та приведені на рисунку 18 *а, б, в, г, д, е* відповідно.





д)



е)

Рисунок 18 – Варіант графічного представлення результатів рішення системи рівняння (2.13) отриманих за допомогою програми “Експеримент-2”

Розрахункова схема (рисунок 18), описана рівнянням руху (2.13), дозволила досліджувати залежність власної частоти коливань маси m_2 від:

1. Власної частоти коливань маси m_3 .
2. Зміни жорсткості пружин c_1 і c_2 (як разом, так і роздільно).
3. Зміни довжини ниті підвісу l .
4. Зміни величини маси m_3 (при $l = const$).
5. Зміни кута відхилення маси рідини φ .

В результаті проведених досліджень за допомогою програми “Експеримент-2” можна зробити наступні висновки :

1. Маятникові коливання маси m_3 (при $l = const$) не впливають на частоту власних коливань системи m_1 і m_2
2. При збільшенні жорсткості c_1 збільшується власна частота коливань механічної системи маси m_1 .

При збільшенні жорсткості c_2 збільшується власна частота коливань маси m_2

3. Приєднання (додавання) маси m_3 до розрахункової схеми при умові $\varphi = 0$ змінює частоту власних коливань системи. Причому із збільшенням маси m_3 частота власних коливань системи зменшується.

4. Із збільшенням довжини нити підвісу (маси m_3) l , власна частота коливань маси m_2 зменшується

5. Зміна початкового кута відхилення φ на частоту власних коливань механічної системи.

За результатами рішення системи рівняння побудовані графіки залежності власної частоти механічної системи типу А-РТ від різних величин, які приведені на рисунку 19.

На першому етапі теоретичних досліджень коливань механічної системи типу А-РТ була розглянута модель з дискретним представленням елементів системи. Для більш глибокого вивчення впливу частоти власних коливань механічної системи типу А-РТ від наявності рідини, в перспективних дослідженнях необхідно перейти до розрахункових схем з розподіленими параметрами.

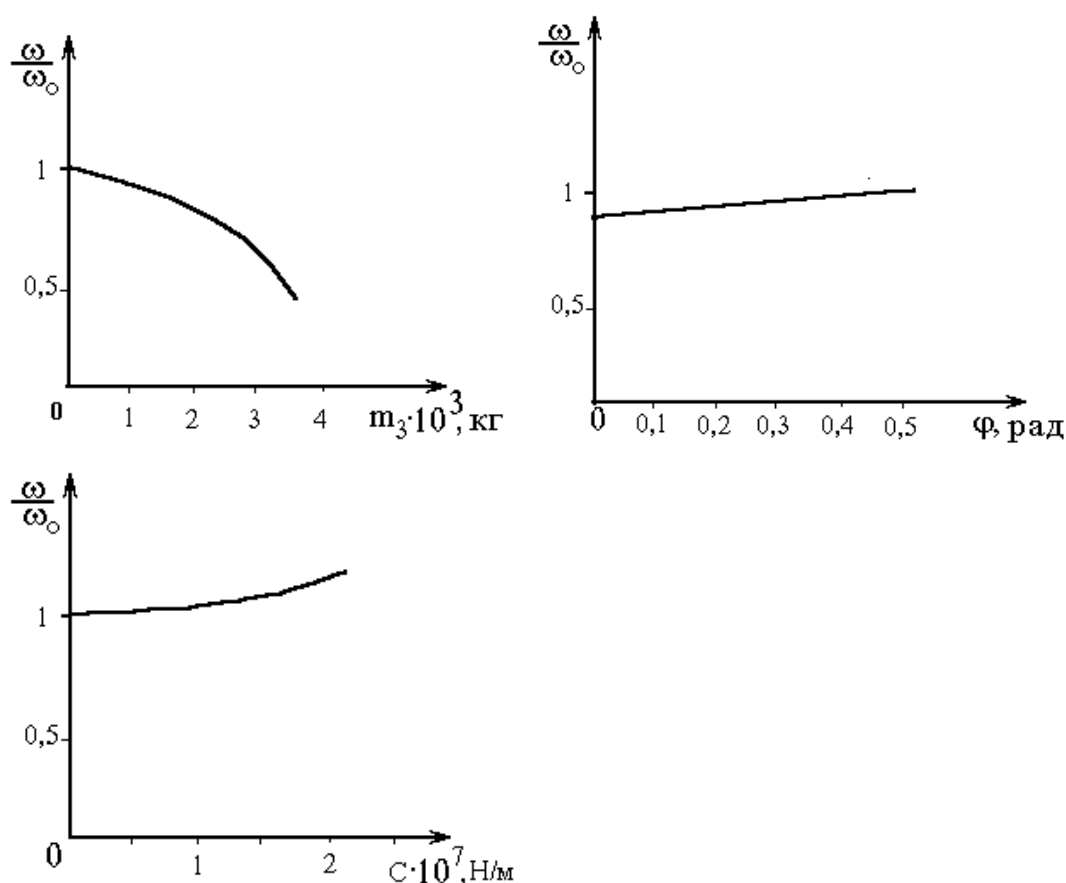


Рисунок 19 – Графіки залежності власної частоти механічної Системи типу А-РТ від m_3 (при $\varphi = 0$), φ , c , l .

2.4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАЯТНИКОВИХ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ НА ЧАСТОТУ ВЛАСНИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ТОЧКИ ПІДВІСУ

Для виявлення фізичних процесів, пов'язаних з впливом маятникових коливань на частоту власних вертикальних коливань системи, виникла необхідність проведення експериментального дослідження.

Схема експериментальної установки для виявлення фізичних процесів представлена на рисунку 20 а,б. Установка містить: штатив з нерухомою точкою підвісу, жорстко поєднаний з підставкою і послідовно поєднані три маси m_1 , m_2 і m_3 . Частота коливань системи визначалася за допомогою секундоміра.

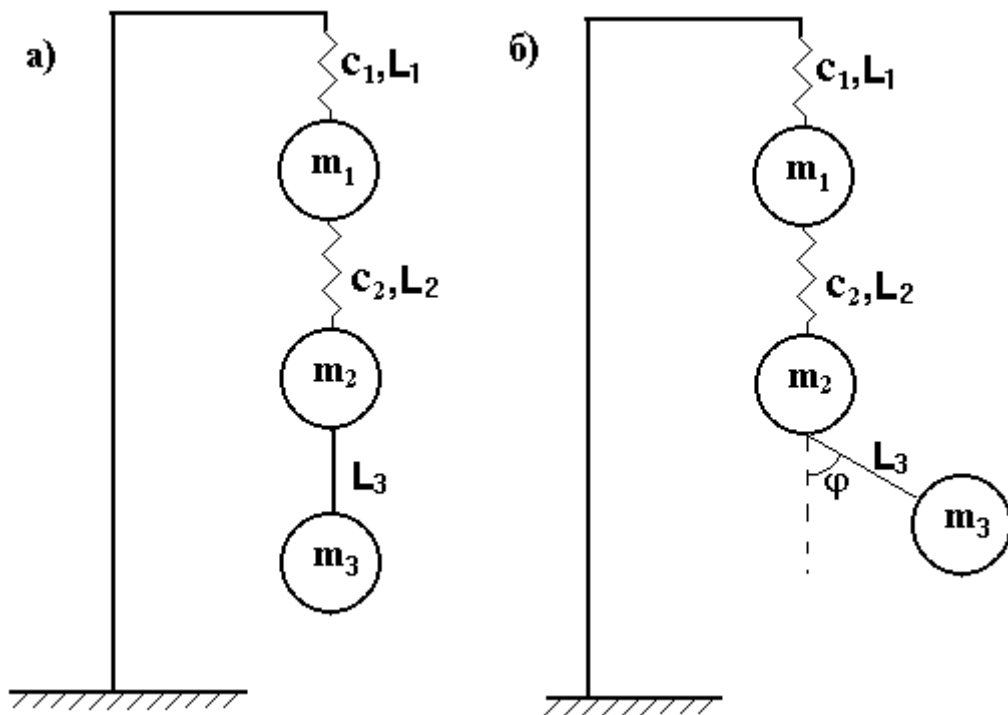


Рисунок 23 – Принципова схема експериментальної установки.

Кріплення маси m_1 здійснювалося в точці підвісу до штатива за допомогою пружного елемента, з підбіраною жорсткістю C_1 , діаметром d_1 і довжиною L_1 , та дозволяє здійснити коливальні вертикальні переміщення. До маси m_1 кріпилася маса m_2 на пружному елементі має однотипні характеристики c_2 , d_2 і

L_2 . До маси m_2 кріпилася маса m_3 на невагомій та недеформуємій нитці з довжиною L_3 .

В першому експерименті (рисунок 20 а) масі m_2 задавалося початкове переміщення при положенні маси m_3 в стані динамічної рівноваги. Потім за допомогою секундоміра фіксувався відрізок часу, після чого проводилася реєстрація вільних коливань системи.

В другому експерименті (рисунок 20 б.) масі m_2 задавалося початкове переміщення рівне по величині попередньому, а масі m_3 задавалося початкове відхилення на кут φ . Потім за допомогою секундоміра фіксувався відрізок часу, після чого проводилася реєстрація вільних вертикальних коливань системи.

Порівняння результатів, виконаних протягом рівного відрізка реального часу (5, 10 і 15 сек.) з моменту початку експериментів, дозволили зробити наступні висновки :

1. Маятникові коливання маси m_3 не впливають на частоту власних вертикальних коливань системи (мас m_1 і m_2)

2. Зміна кута φ не впливає на частоти вертикальних власних коливань системи (мас m_1 і m_2)

3. Результати проведеного фізичного експерименту якісно узгоджуються з результатами теоретичних досліджень трьохмасової моделі механічної системи, отже, підтверджена достовірність розрахункової схеми (рисунок 18) і правильність складених рівнянь руху (2.1).

ВИСНОВКИ по другому розділу:

1. При проведенні теоретичних досліджень коливань механічної системи типу А-РТ вибрані розрахункові схеми з різним ступенем ідеалізації і прийняті допущення, які дозволяють вивчити вплив рідини на частоту власних коливань і амплітуду коливань елементів механічної системи.

2. Розроблені математичні моделі із зосередженими параметрами дозволили врахувати вплив рідини, механічної системи типу А-РТ, що знаходиться всередині резервуару, при її транспортуванні, на частоту власних коливань і амплітуду коливань елементів механічної системи.

3. За допомогою математичної моделі механічної системи типу А-РТ із зосередженими параметрами отримана залежність зміни частоти власних коливань системи від заданих параметрів приведених у вигляді графіків на рисунку 19):

- Маятникові подовжні коливання дискретної маси схематизуючи рухому частину рідини не впливають на частоту власних коливань механічної системи.

- Із збільшенням жорсткості опорних зв'язків збільшується власна частота коливань механічної системи.

- Збільшення дискретної маси, яке схематизує рідину приводить до зменшення частоти власних коливань і збільшення амплітуди коливань механічної системи.

- Зміна довжини маятникового підвісу дискретної маси не впливає на динамічні характеристики механічної системи.

3 РОЗРАХУНКИ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА

3.1 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПАЛИВНИХ БАКІВ ДЛЯ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА

Для розробки пропозиції по створенню нового паливозаправника обрано автомобіль ГАЗель-3302. Виходячи з розмірів його кузова (ширина - 2,09 м, довжина - 3 м) обираємо ширину (B_B) і довжину (l_B) баків для транспортування нафтопродуктів (рисунок 21), де $B_B = 2$ м, $l_B = 1,4$ м з урахуванням розміщення двох бічних пеналів для зберігання і транспортування роздаткових рукавів, засобів пожежегасіння, шанцевого інструменту і спеціального гідравлічного обладнання (насосу СЦЛ-00, запірної арматури і трубопроводів). Паливні баки обираємо з еліптичною формою перетину та розміщуємо послідовно в кузові автомобіля. Виходячи з потрібних фізико-механічних властивостей, вибираємо конструкційний матеріал для виготовлення баків АМГ-6 і визначаємо межу пропорційності при розтягуванні $\sigma_{\text{ПЦ}} = 17 \text{ МПа} = 17 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$. Задаємо потрібну масу нафтопродуктів для транспортування в кожному паливному баку $m_{\text{НПБ}} = 800$ кг. Визначаємо по таблицях щільність нафтопродукту (ρ_T). Щільність – маса нафтопродукту, віднесена до одиниці його об'єму. Величина її для нафтопродуктів при температурі $+20^\circ \text{C}$ $\rho_T = 750 \div 880 \text{ кг/м}^3$. Залежно від температури вона змінюється мало. Для бензинів з пониженням температури на кожні 10°C її величина зростає на 1%.

Розрахуємо: - об'єм і висоту паливних баків ($W_{\text{ТБ}}$ і h_B),

- товщину бічних і торцевих стінок ($\delta_{\text{бок}}$ і $\delta_{\text{тор.ст.}}$),
- масу паливного баку без нафтопродуктів ($m_{\text{ПБ}}$),
- масу паливного баку з нафтопродуктами ($m_{\text{ПБ}}$).

1. Визначення об'єму паливного бака ($W_{\text{ТБ}}$):

$$W_{\text{ТБ}} = 1,05 * W_T$$

, де W_T - об'єм, який займають нафтопродукти;

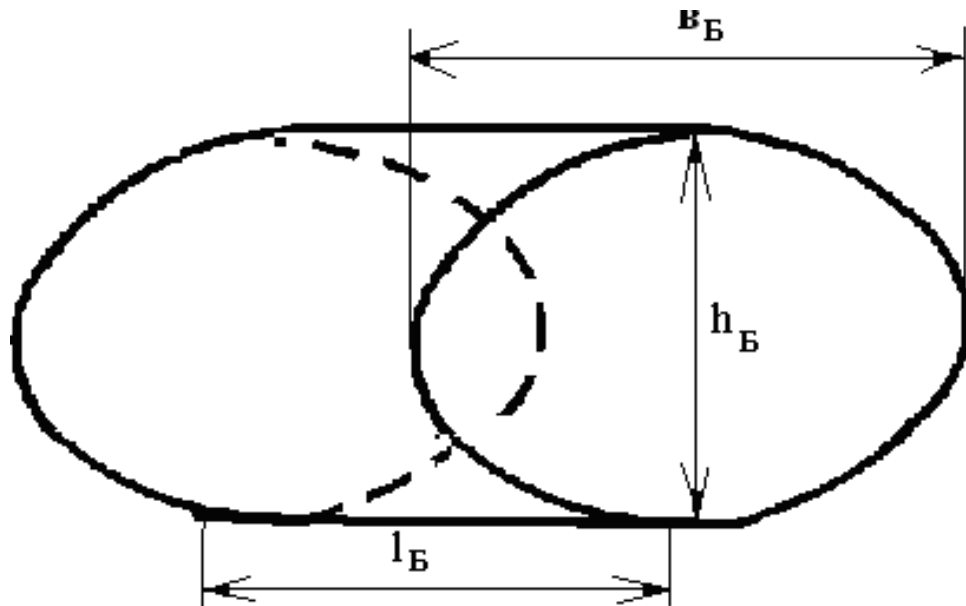


Рисунок 21 – Геометричне позначення розмірів паливного бака

1,05 - коефіцієнт, що враховує розширення палива при нагріві і розміщенні усередині бака показчика поплавця рівня, наливного трубопроводу, приймального патрубку і вузлів гідравлічного обладнання.

$$W_T = \frac{m_{TB}}{\rho_T} = \frac{800}{\rho_{Tmin}} = \frac{800}{750} = 1,066 \text{ м}^3.$$

$$W_{TB} = 1,066 * 1,05 = 1,12 \text{ м}^3.$$

2. Визначення висоти паливного бака (h_B).

Торцева (передня або задня) стінка бака є еліпсом (рисунок 22), площа якого ($F_{ел}$) визначається за формулою:

$$F_{ел} = \pi a c, \quad \text{де} \quad a = \frac{B_B}{2}; \quad c = \frac{h_B}{2};$$

отже
$$F_{ел} = \frac{\pi B_B h_B}{2 * 2};$$

$$W_{TB} = F_{ел} l_B; \quad F_{ел} = \frac{W_{TB}}{l_B}; \quad \frac{\pi B_B h_B}{2 * 2} = \frac{W_{TB}}{l_B};$$

$$h_B = \frac{4 * W_{TB}}{\pi B_B l_B} = \frac{4 * 1,12}{3,14 * 1,4 * 2} = \frac{4,48}{8,8} = 0,5 \text{ м}.$$

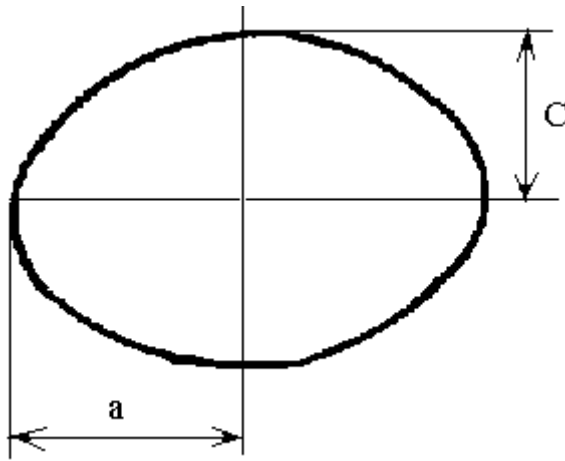


Рисунок 22 – Геометричні позначення розмірів передньої (задньої) стінки бака

3. Визначення товщини стінки в бічній частини бака ($\delta_{\text{бок}}$).

Розподілене навантаження на бічну частину по висоті (рисунок 23) від маси

нафтопродуктів визначаємо за формулою :

$$p_T^{\text{бок}} = \rho_T * g * h_{T\text{max}} * n_x * f = 880 * 9,8 * 0,45 * 0 * 1,5 = 5,821 * 10^3 \text{ H / м},$$

де ρ_T – питома вага нафтопродуктів, що транспортуються, H/м^3 ;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

$n_x = \frac{a_x}{g}$ - подовжнє перевантаження (в статичному стані $n_x = 0$);

$h_{T\text{max}}$ - максимальна висота нафтопродуктів при заповненому паливному баку;

f - коефіцієнт запасу міцності ($f = 1,5$).

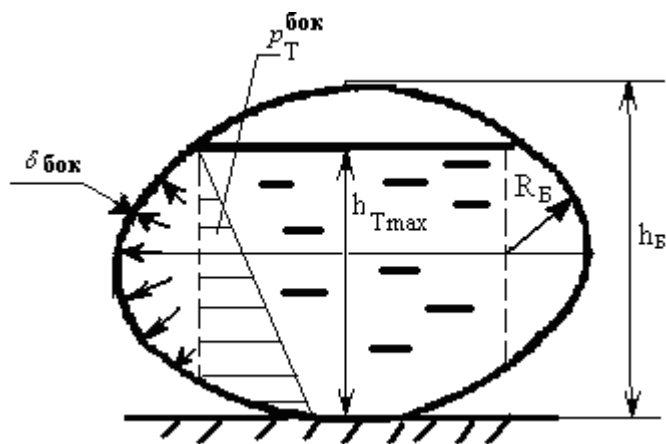


Рисунок 23 – Паливний бак в поперечному перетині

З умови міцності бічної частини бака визначаємо товщину бічної стінки з урахуванням формули Лапласа [7]:

$$\sigma_{\text{ПЦ}} \geq \frac{p_T^{\text{БОК}} R_B}{\delta_{\text{БОК}}};$$

де $\sigma_{\text{ПЦ}}$ – межа пропорціональності АМГ-6 при розтягуванні бака.

$$\delta_{\text{бок}} \geq \frac{p_T^{\text{бок}} R_B}{\sigma_{\text{ПЦ}}} = \frac{5,821 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{17 \cdot 10^6} \approx 7 \text{ мм.}$$

4. Визначення товщини торцевої (передньої або задньої) стінки паливного бака ($\delta_{\text{ТОР.СТ.}}$). На рисунку 24 показаний паливний бак заповнений нафтопродуктами в подовжньому перетині.

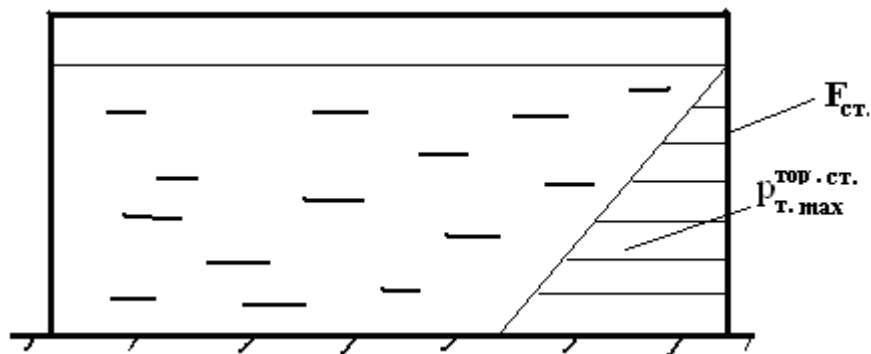


Рисунок 24 – Паливний бак в подовжньому перетині

З умови міцності торцевої (передньої, задньої) стінки бака слідує, що

$$\sigma_{\text{ПЦ}} \geq \frac{N}{\delta_{\text{ТОР.СТ.}}}; \quad \delta_{\text{ТОР.СТ.}} \geq \frac{N}{\sigma_{\text{ПЦ}}};$$

$$p_{T.\text{max}}^{\text{ТОР.СТ.}} \rho_T g n_x h_{T.\text{max}} f = 880 \cdot 1,15 \cdot 0,45 \cdot 1,5 = 6,71 \cdot 10^3 \text{ Н / м}$$

, де $N = p_{T.\text{max}}^{\text{ТОР.СТ.}} \cdot F_{\text{СТ}}$ - сила діюча на торцеву стінку,

$F_{\text{СТ}}$ – площа торцевої стінки.

$$F_{\text{СТ}} = \frac{\pi \epsilon_B h_B}{2 \cdot 2} = 3,14 \frac{2}{2} \cdot \frac{0,5}{2} = 0,785 \approx 0,8 \text{ м}^2;$$

Підставивши числове значення отримаємо:

$$N = 6,71 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 5,37 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$\delta_{\text{ТОР.СТ.}} \geq \frac{N}{\sigma_{\text{ПЦ}}} = \frac{5,37 \cdot 10^3}{17 \cdot 10^6} \geq 3,2 \text{ мм. В подальшому } \delta_{\text{ТОР.СТ.}} \text{ приймаємо } 3,5 \text{ мм.}$$

5. Визначення маси порожнього паливного бака ($m_{\text{ПІБ}}$).

$$m_{\text{ППБ}} = m_{\text{ел.т.}} + 2m_{\text{ТОР.СТ.}},$$

де $m_{\text{ел.т.}}$ - маса еліптичної стінки (труби) бака;

$m_{\text{ТОР.СТ.}}$ - маса торцевої стінки бака.

$$m_{\text{ел.т.}} = F_{\text{ел.пер.}} l_{\text{БАК}} \rho_{\text{мат.}},$$

де $F_{\text{ел.пер.}}$ – площа перетину еліптичної стінки бака;

$\rho_{\text{мат.}}$ – щільність матеріалу (АМГ-6) баку.

$$F_{\text{ел.пер.}} = F_{\text{ЕЛ.ЗОВ}} + F_{\text{ЕЛ.ВНУТ}},$$

$F_{\text{ЕЛ.ЗОВ}}$ – перетин зовнішньої еліптичної стінки бака;

$F_{\text{ЕЛ.ВНУТ}}$ - перетин внутрішньої еліптичної стінки бака;

$$F_{\text{ЕЛ.ЗОВ}} = \pi a c = \frac{3,14 * 1 * 0,5}{2} = 0,785 \text{ м}^2;$$

$$a_{\text{ВНУТ.}} = a_{\text{ЗОВН.}} - \delta_{\text{бок}} = 1 - 0,007 = 0,993 \text{ м};$$

$$c_{\text{ВНУТ}} = \frac{h_B}{2} - \delta_{\text{бок}} = \frac{0,5}{2} - 0,007 = 0,243 \text{ м};$$

$$F_{\text{ЕЛ.ВНУТ}} = \pi a_{\text{ВНУТ}} c_{\text{ВНУТ}} = 3,14 * 0,993 * 0,243 = 0,757 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{ел.пер.}} = 0,785 - 0,757 = 0,028 \text{ м}^2;$$

$$m_{\text{ел.т.}} = F_{\text{ел.пер.}} l_{\text{БАК}} \rho_{\text{мат}} = 0,028 * 1,4 * 2,64 * 10^4 = 0,103 * 10^4 = 1030 \text{ Н} = 103 \text{ кг};$$

$$m_{\text{ТОР.СТ}} = F_{\text{СТ}} \delta_{\text{тор.ст}} \rho_{\text{мат}} = 0,785 * 0,0035 * 2,64 * 10^4 = 0,007 * 10^4 = 7 \text{ кг};$$

$$m_{\text{ППБ}} = 103 + (2 * 7) = 117 \text{ кг}.$$

6. Визначення маси паливного баку з нафтопродуктами ($m_{\text{ПБ}}$).

$$m_{\text{ПБ}} = m_{\text{НПБ}} + m_{\text{ППБ}} = 800 + 117 = 917 \text{ кг}.$$

ВИСНОВОК: В підрозділі 3.1 визначено об'єм і висоту паливних баків ($W_{\text{ТБ}}$ і $h_{\text{Б}}$), товщину бічних і торцевих стінок ($\delta_{\text{бок}}$ і $\delta_{\text{ТОР.СТ.}}$), масу паливного баку без нафтопродуктів ($m_{\text{ППБ}}$), масу паливного баку з нафтопродуктами ($m_{\text{ПБ}}$).

3.2 РОЗРАХУНОК РАМИ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА НА МІЦНІСТЬ

Загальна схема паливозаправника наведена на рисунку 25, змонтованого на шасі автомобіля ГАЗ -3302 Газель. До складу основних елементів паливозаправника входять: 1 - кабіна; 2 - вогнегасник; 3- пульт управління;

4 - кришки горловини які обладнані наливними люками та клапанами; 5 – транспортувальні паливні баки; 6 - пенал для рукавів; 7 - паливний бак автомобіля; 8- ланцюг заземлення; 9 - глушник автомобіля, 10 - двигун автомобіля.

Відмінна особливість нового паливозаправника полягає в тому, що він призначений для транспортування двох різних видів нафтопродуктів із заданими масами m_1 і m_2 . Початкові дані: вага автомобіля $G_a = 21000$ Н; вага двигуна автомобіля $G_{дв}=2500$ Н; вага кабіни автомобілю $G_{каб}= 3000$ Н; вага переднього моста 4000 Н; вага паливного бака автомобіля 1000 Н; вага (пустої) платформи (кузову) 4500 Н; вага заднього моста автомобіля 6000 Н; Розрахункова вага нафтопродуктів у кожному з двох баків 8000 Н; розміри довжини автомобіля $l_1= 0,7$ м; $l_2= 3$ м; $l_3= 1,2$ м.

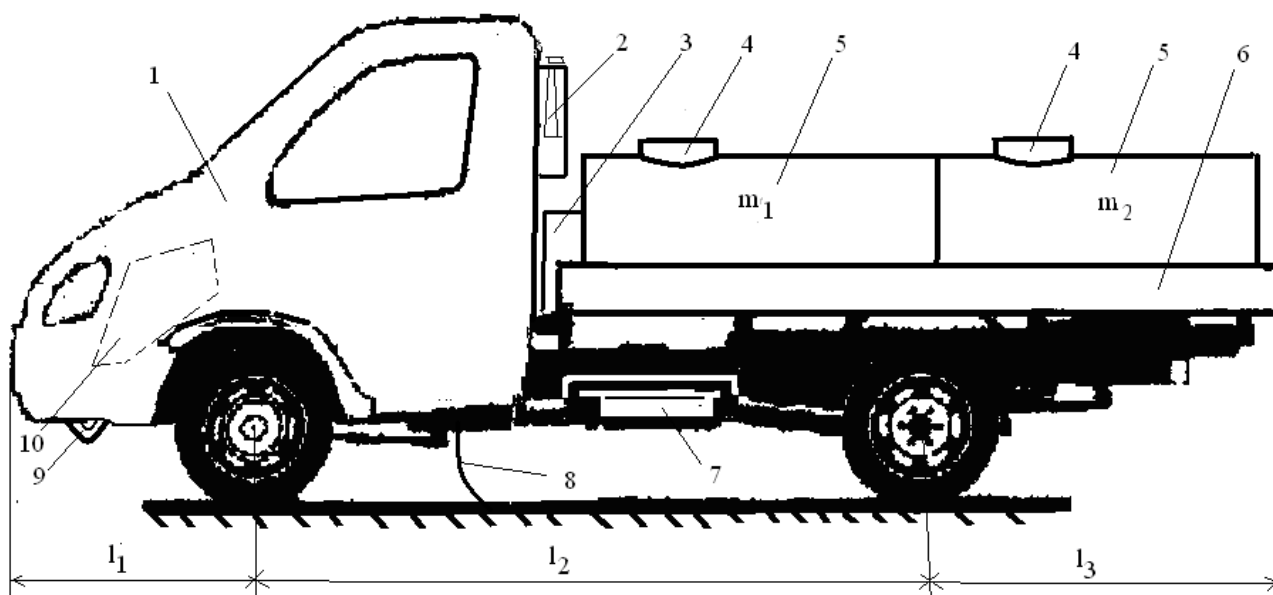


Рисунок 25 – Загальна схема паливозаправника з визначенням основних елементів.

1.Визначення загальної ваги паливозаправника з паливом ($G_{ПВ}$).

$$G_{ПВ} = G_a + (2 * m_{ПБ}) = 2100 \text{ кг} + (2*917) = 3934 \text{ кг}.$$

2.Визначення розрахункової схеми.

Розрахункова схема наведена на рисунку 26 у вигляді шарнірно-рухомої двохопорної балки:

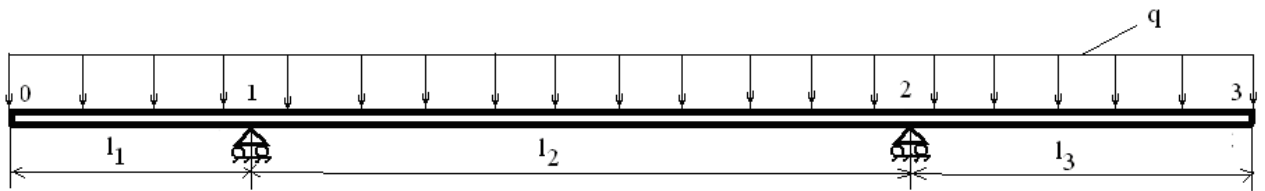


Рисунок 26 – Розрахункова схема паливозаправника.

Приймаємо, що балка навантажена рівномірним розподіленим навантаженням q .

3. Визначення реакцій в опорах балки R_1 і R_2 в точках 1 та 2 рисунку 27:

$$q = \frac{0,5 (G_K + G_{ДВ} + G_{ПБ})}{(l_1 + l_2 + l_3)};$$

Тоді, підставив вхідні дані отримуємо $q = \frac{0,5 (3000 + 2500 + 18340)}{(0,7 + 3 + 1,2)} = \frac{11920}{4,9} \approx 2433 \frac{H}{м}$;

$$\sum M_2 = 0;$$

$$R_1 l_2 - \frac{q(l_1 + l_2)^2}{2} + \frac{q l_3^2}{2} = 0;$$

$$R_1 = \frac{q(l_1 + l_2)^2 - q l_3^2}{2 l_2} = \frac{q [(l_1 + l_2)^2 - l_3^2]}{2 l_2} = \frac{2433 [(0,7 + 3)^2 - 1,2^2]}{2 * 3} = 4967 \text{ H};$$

$$\sum M_1 = 0;$$

$$q \frac{(l_2 + l_3)^2}{2} - R_2 l_2 - \frac{q l_1^2}{2} = 0;$$

$$R_2 = \frac{q_2 [(l_2 + l_3)^2 - l_1^2]}{2 * l_2} = \frac{2377,6 [(3 + 1,2)^2 - 0,7^2]}{2 * 3} = 6796 \text{ H};$$

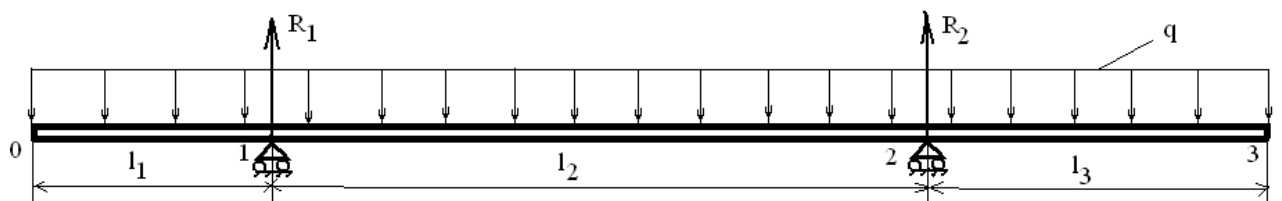


Рисунок 27 – Розрахункова схема паливозаправника з реакціями в опорах балки R_1 і R_2 .

4. Будування епюр поперечних сил « Q » (рис.28) і згинаючих моментів « M ».

$$Q_i = q * x_i + \sum_{i=0}^{l=l_2} P_i; \quad l_{\Sigma} = l_1 + l_2 + l_3;$$

де x_i – відстань від початку балки до перетину, що розглядається.

$$Q_0 = 0$$

$$Q_{0-1} = -qx_i = -2433 * 0,7 = -1703 \text{ Н};$$

$$Q_{q1} = -1703 \text{ Н};$$

$$Q_1 = Q_{q1} + R_1 = -1703 + 4967 = 3264 \text{ Н};$$

$$Q_3 = 0;$$

$$Q_{3-2} = qx_i = 2433 * 1,2 \approx 2920;$$

$$Q_{q2} = 2853,1 \text{ Н};$$

$$Q_2 = Q_{q2} - R_2 = 2853,1 - 7239 = -4385,9 \text{ Н};$$

$$M_i = \frac{qx_i^2}{2} + \sum P_i x_i;$$

$$M_0 = M_3 = 0;$$

$$M_{0-1} = -\frac{q x_i^2}{2}; \quad M_1 = -2433 \frac{0,7^2}{2} = -596 \text{ Нм};$$

$$M_{x_i=2,1} = -\frac{q x_i^2}{2} + R_1 \frac{(x_i - l_1)^2}{2} = -2433 \frac{2,1^2}{2} + 4967 \frac{1,4^2}{2} = -5365 + 4868 = -497 \text{ Нм};$$

$$M_{3-2} = -q \frac{x_i^2}{2}; \quad M_2 = -\frac{2433 * 1,2^2}{2} = -1752 \text{ Нм}.$$

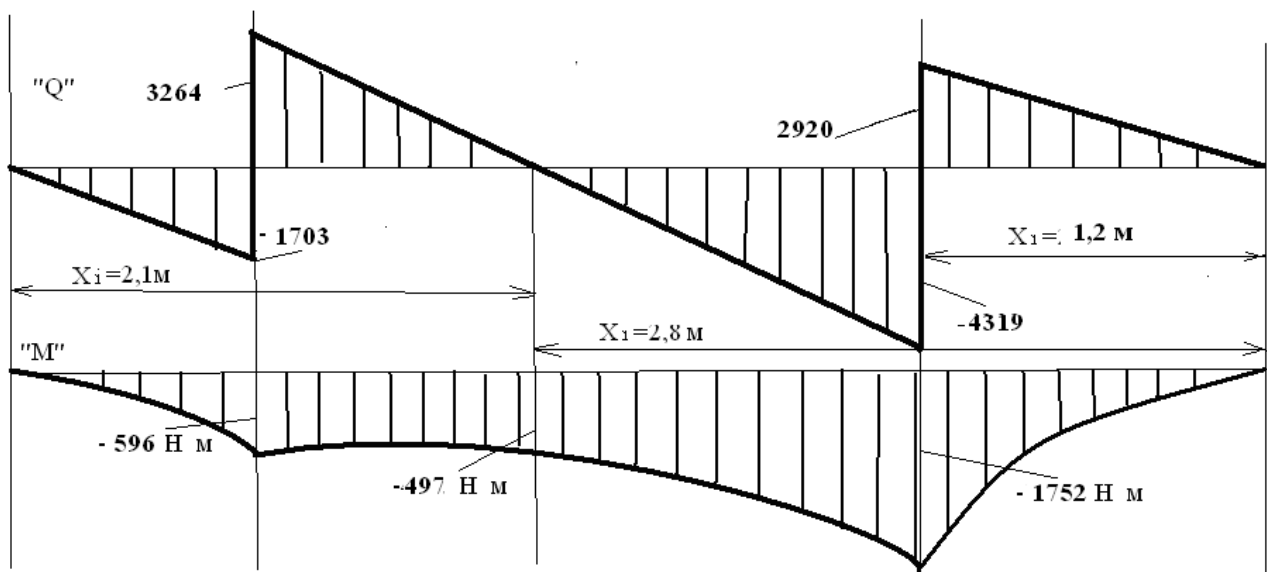


Рисунок 28 – Епюри поперечних сил «Q» і згинаючих моментів «M».

Найбільш навантажені перетини балки в опорах 1 і 2. Розміри перетину балки визначаються виходячи з навантаження перетину в точці 2, де

$$Q_{\max} = 7239 \text{ Н},$$

$$M_{\max} = 1752 \text{ Н м.}$$

5. Визначення напружень у найбільш навантаженому перетині та перевірка балки на міцність.

Умова міцності (не руйнування конструкції) є:

$$\sigma_{\text{діюч.}} < \sigma_{\text{в}} ; \quad \tau_{\text{діюч.}} < \tau_{\text{в.}}$$

Умова міцності конструкції при відсутності залишкових деформацій:

$$\sigma_{\text{діюч.}} \leq \sigma_{\text{пц}} ; \quad \tau_{\text{діюч.}} \leq [\tau]_{\text{кр}}; \quad [\tau]_{\text{кр}} = 0,65 \sigma_{\text{пц}}$$

де $\sigma_{\text{діюч.}}$ та $\tau_{\text{діюч.}}$ - нормально і дотично діючі напруги, а $\sigma_{\text{в}}$ та $\tau_{\text{в}}$ - максимальні нормально і дотично діючі напруги.

Визначимо з довідника конструкційний матеріал балки (рисунок 29). Для рами автомобіля застосовується сталь марок: Ст.25, Ст.30Т, Ст.19ХГС та інші. Для силової рами автомобіля вибираємо Ст.25 з наступними фізико-механічними якостями: $\sigma_{\text{в}} = 500 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{пц}} = 275 \text{ МПа}$; поперечний перетин балки приймається у вигляді швелера з наступними характеристиками: $h = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; $d = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $L_{\text{пол}} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; $f = 6,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $f_{\text{пол}} = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $\tau_{\text{в}} = 325 \text{ МПа}$; $[\tau]_{\text{кр}} = 179 \text{ МПа}$.

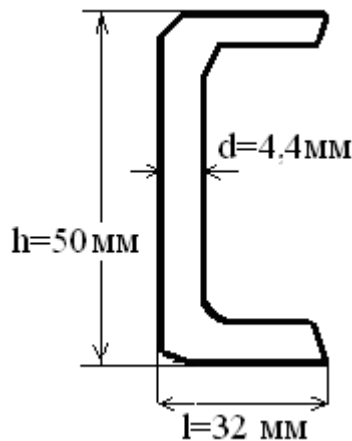


Рисунок 29 – Поперечний перетин силової балки рами автомобіля

Умова міцності балки без виникнення залишкових деформацій:

$$\sigma_{\text{діюч.}} \leq \sigma_{\text{пц}} ; \quad \tau_{\text{діюч.}} \leq \tau_{\text{пц}} .$$

Визначення $\tau_{\text{діюч.}}$ (рисунок 30):

$$\tau_{\text{діюч.}} = \frac{q_{Q2}}{d} = \frac{Q_2}{h_{\text{е}} d} = \frac{7239}{50 \cdot 10^{-3} * 4,4 * 10^{-3}} = 33 * 10^{-6} = 33 \text{ МПа};$$

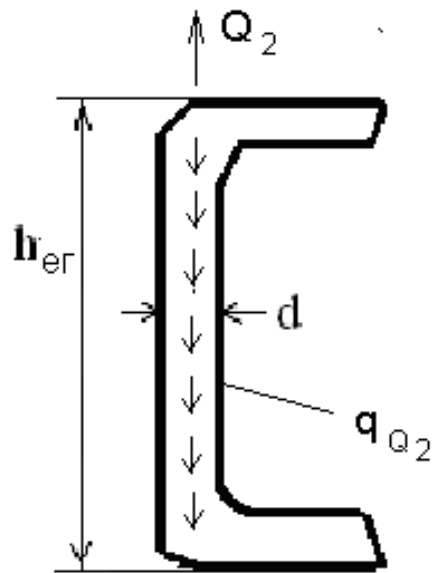


Рисунок 30 – Робота поперечного перетину від сили Q_2

Визначення $\sigma_{\text{діюч.}}$ (рисунок 31):
$$\sigma_{\text{діюч.}} = \frac{M_2}{h * f_{\text{пол.}}} = \frac{1822}{50 * 10^{-3} * 1,65 * 10^{-4}} = 221 \text{ МПа.}$$

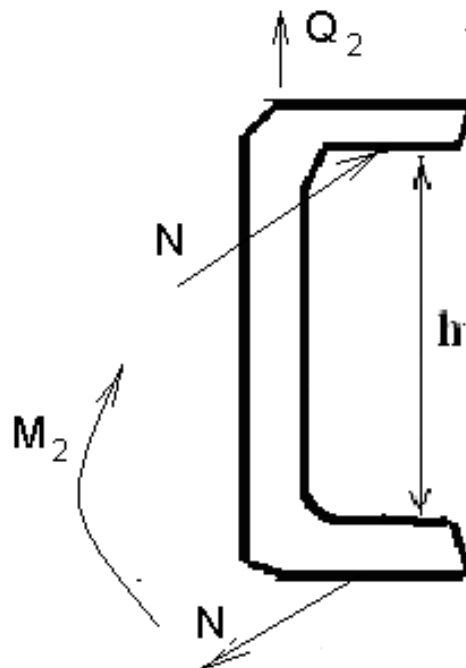


Рисунок 31 – Робота поперечного перетину від моменту M_2

Визначення коефіцієнтів запасу міцності:

$$\eta_{\tau} = \frac{\tau_{\text{пц}}}{\tau_{\text{дейст.}}} = \frac{179}{33} = 5,43;$$

$$\eta_{\sigma} = \frac{\sigma_{\text{пц}}}{\sigma_{\text{дейст.}}} = \frac{275}{221} = 1,25.$$

ВИСНОВОК: Обрана силова балка автомобіля з поперечним перетином у вигляді швелера від діючих навантажень не втрачає стійкості і не руйнуються.

3.3 ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА З РІЗНИМИ ВАРІАНТАМИ НАВАНТАЖЕННЯ

Для визначення статичної стійкості паливозаправника при різному навантаженні використовуємо початкові дані приведені раніше. Загальна схема паливозаправника приведена на рисунку 32. Спочатку визначаємо центр тяжесті паливозаправника при повному заповненні обох паливних баків нафтопродуктами. Для цього вибираємо початок координат в точці «0». Потім уздовж осі 0x розміщуємо всі основні вантажі і графічно визначаємо координати їх центрів мас для кожного вантажу X_i і Y_i . Потім складаємо центровочну відомість (таблиця 8) і визначаємо статичні моменти кожного вантажу.

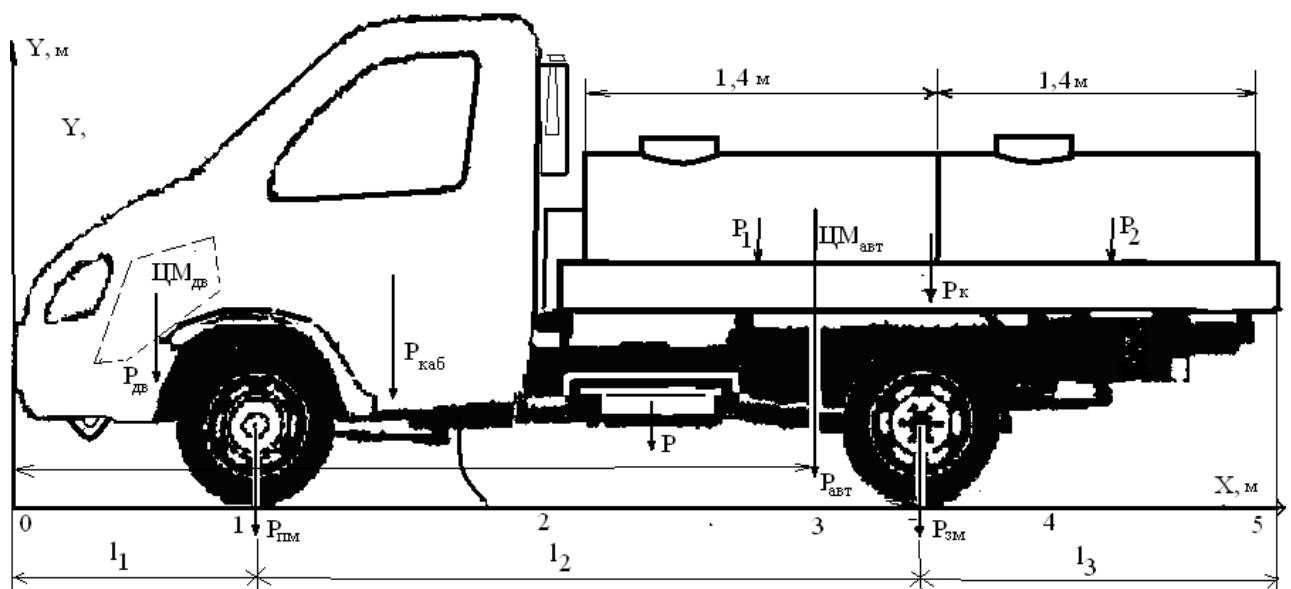


Рисунок 32 – Загальна схема паливозаправника з визначенням центра маси

Таблиця 8 – Центровочна відомість

№ з/п	Найменування вантажу	m_i , кг	x_i , м	$m_i x_i$, Н	y_i , м	$m_i y_i$, Н
1	Двигун	250	1,0	2500	0,95	2375
2	Передній міст	400	0,7	2800	0,35	1400
3	Кабіна	300	1,4	4200	0,95	2850
4	Паливний бак автомобіля	100	2,3	2300	0,6	600
5	Передній бак для нафто-продуктів	917	2,8	25676	0,95	8712
6	Платформа (кузов)	450	3,6	16200	0,7	3150
7	Задній міст автомобіля	600	3,8	22800	0,35	2100
8	Задній бак для нафтопродуктів	917	4,3	39431	0,95	8712
9	Всього	3934	$\sum m_i x_i = 115907$		$\sum m_i y_i = 29899$	

Визначаємо координати центру мас паливозаправника

$$X_{цм} = \frac{\sum m_i * x_i}{\sum m_i}; \quad Y_{цм} = \frac{\sum m_i * y_i}{\sum m_i};$$

Після підстановки вхідних даних отримуємо числове значення координати центру мас при повному заповненні обох паливних баків нафтопродуктами:

$$X_{цм} = \frac{11591}{3934} = 2,95 \text{ м}; \quad Y_{цм} = \frac{2989,9}{3934} = 0,76 \text{ м}.$$

Проведемо розрахунки координат центру мас паливозаправника при порожньому передньому та повному задньому паливних баках, як найсприятливішому, але можливому випадку.

$$X_{цм2} = \frac{9023}{3017} = 2,99 \text{ м}; \quad Y_{цм2} = \frac{2118,7}{3017} = 0,7 \text{ м}.$$

Порівнюючи отримані значення визначаємо, що координати центру мас в випадку при порожньому передньому та повному задньому паливних баках змістилися назад (по вісі x) на 4 см, і вниз (по вісі y) на 6 см.

ВИСНОВКИ: Визначено центр мас для паливозаправника та її змінення при різних варіантах навантаження.

3.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОДОВЖНЬОЇ І ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПАЛИВОЗАПРАВНИКА З РІЗНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Втрата паливозаправником стійкості виражається в перекиданні або ковзанні паливозаправника.

Стійкість паливозаправника – це здатність паливозаправника перешкоджати його перекиданню та заносу. У залежності від напрямку перекидання і ковзання розрізняють подовжню і поперечну стійкість.

Подовжня стійкість - це здатність паливозаправника протистояти перекиданню паливозаправника навколо передньої чи задньої осі.

Поперечна стійкість - це здатність паливозаправника, протистояти перекиданню або заносу при дії бічних сил. Більш ймовірно і небезпечне порушення поперечної стійкості, що виникає внаслідок дії бічних сил: відцентрової сили, поперечної складової сили ваги, бічного вітру, ударів про нерівності дороги.

1. Розглянемо кут подовжньої стійкості паливозаправника відносно задньої осі (рисунок 33).

де l_2 - база автомобіля ($l_2= 3\text{м}$), інші розміри автомобіля $l_1= 0,7\text{ м}$; $l_3= 1,2\text{ м}$;

h_c - відстань центра мас паливозаправника (отримані в попередніх розрахунках для першого випадку при полоній загрузці обох баків, у другому випадку при загрузці паливом тільки заднього баку);

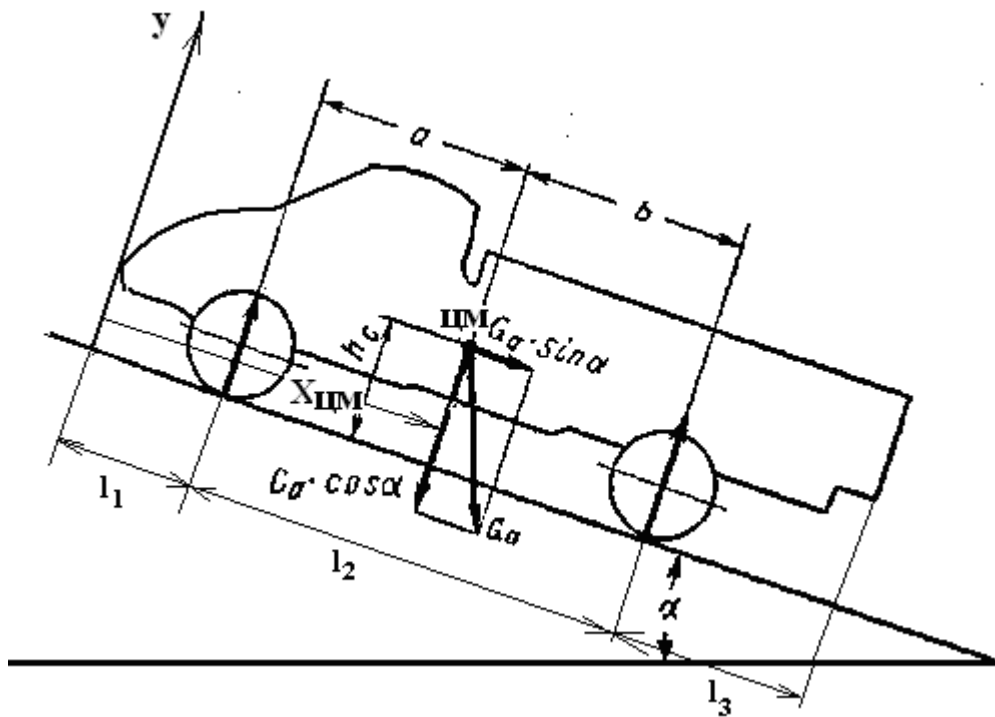


Рисунок 33 – Схема сил, що впливає на подовжню стійкість

a, b - відстань від центра тяжіння до передньої і задньої осі паливозаправника, відповідно ($a = X_{ЦМ} - l_1$; $b = l_1 + l_2 - X_{ЦМ}$).

Для першого випадку $a_1 = 2,95 - 0,7 = 2,25$; $b_1 = 3,7 - 2,95 = 0,75$.

Для другого випадку $a_2 = 2,99 - 0,7 = 2,29$; $b_2 = 3,7 - 2,99 = 0,71$.

2. Визначення граничного значення кута α , при якому наступить перекидання паливозаправника навколо задньої осі.

Допущення та умови перекидання навколо задньої осі:

- силами опору повітря (P_w) і інерції (P_j) зневажаємо;

- нормальні реакції передніх коліс $G_1 \cos \alpha = 0$

Основне рівняння рівноваги паливозаправника для даних умов

$$G_a \sin \alpha \cdot h_c = G_a \cos \alpha b$$

Для даних умов задачі перекидання буде при

$$G_a \sin \alpha \cdot h_c > G_a \cos \alpha b$$

Розділивши обидві частини рівняння на $G_a \cos \alpha$ одержимо $\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{h_c}$.

Якщо $tg \alpha \leq \frac{b}{h_c}$ - забезпечення подовжньої стійкості паливозаправника.

Для першого випадку: $tg \alpha_1 \leq \frac{0,75}{0,76} \approx 0,98$ $tg \alpha_1 \leq 44^\circ$;

У другому випадку: $tg \alpha_2 \leq \frac{0,71}{0,7} \approx 1,01$ $tg \alpha_2 \leq 49^\circ$.

$tg \alpha_2 > \frac{\hat{a}}{h_c}$ - втрата подовжньої стійкості паливозаправника.

Міркуючи аналогічно, одержимо умову подовжньої стійкості паливозаправника відносно передній осі при спуску $tg \alpha \leq \frac{a}{h_c}$.

3. Визначення граничного значення кута β поперечної стійкості (рисунок 34) при якому наступить перекидання навколо правої опори.

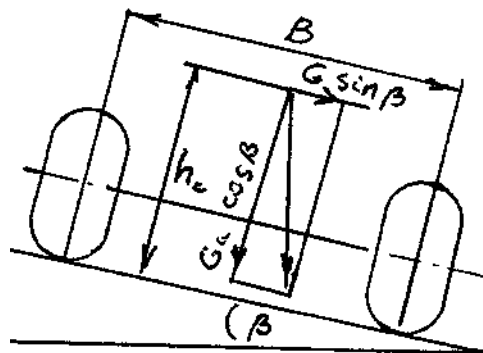


Рисунок 34 – Схема сил, що впливає на поперечну стійкість

Рівняння рівноваги для даних умов

$$G_a \sin \beta \cdot h_c = G_a \cos \beta \frac{B}{2}$$

Розділивши на $G_a \cos \beta$ B одержимо $tg \beta \geq \frac{B}{2h_c}$

Значення B для передньої осі автомобіля ГАЗель-3302 $B_1 = 1,56$ м, для задньої $B_2 = 1,7$ м. Обираємо менше.

Для першого випадку $tg \beta_1 \geq \frac{1,56}{2 \cdot 0,76} \approx 0,6$ $\beta_1 \geq 30^\circ$,

Для другого $tg \beta_2 \geq \frac{1,56}{2 \cdot 0,7} \approx 0,4$ $\beta_2 \geq 20^\circ$.

4. Визначення критичної швидкості по перекиданню (рисунок 35).

Критична швидкість по перекиданню визначається з умови рівноваги моментів

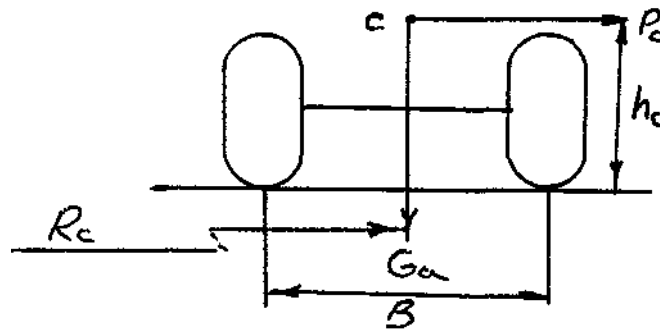


Рисунок 35 – Схема сил, що впливає на стійкість при повороті

З теоретичної механіки відцентрова сила

$$P_c = \frac{mV^2}{R} \text{ або } P_c = \frac{G_a V_a^2}{gR_c}$$

Складемо рівняння рівноваги:

$$\frac{G_a V_a^2 h_c}{gR_c} = G_a \frac{B}{2}$$

Розділивши на G_a одержимо:

$$V_{\hat{e}i} = \sqrt{\frac{BgRc}{2h_{\tilde{n}}}} - \text{критична швидкість по перекиданню паливозаправника.}$$

Задаючи будь-який радіус кривизни дороги можна оцінити критичну швидкість по перекиданню для паливозаправника.

ВИСНОВКИ: Визначено граничне значення кутів α , при якому наступить перекидання паливозаправника навколо задньої осі, β поперечної стійкості, при якому наступить перекидання навколо бокової опори, та критична швидкість по перекиданню при повороті.

ВИСНОВКИ по третьому розділу.

Проведені розрахунки паливозаправника:

1. Виконано розрахунок параметрів паливних баків для паливозаправника: об'єм і висоту паливних баків, товщину бічних і торцевих стінок, масу паливного баку без нафтопродуктів, масу паливного баку з нафтопродуктами.

2. Виконано розрахунок рами паливозаправника на міцність: обрана розрахункова схема, визначені реакції в опорах, побудовані епюри поперечних сил і згинаючих моментів, визначені напруження у найбільш навантаженому перетині та проведена перевірка балки на міцність.

3. Визначена статична стійкість паливозаправника з різними варіантами навантаження.

4. Визначено граничне значення кута α , при якому наступить перекидання паливозаправника навколо задньої осі, та значення кута β поперечної стійкості, при якому наступить перекидання навколо бокової опори.

5. Визначена критична швидкість по перекиданню паливозаправника при повороті.

4 . БОРОТЬБА З ВТРАТАМИ ПАЛИВА. ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 ВТРАТИ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ

У всіх видів палив і спеціальних рідин спостерігаються втрати від випаровування, які залежать від метеорологічних умов і конструктивних особливостей резервуарів призначених для транспортування на автомобілях. Найбільшою схильністю до випаровування мають бензини, найменшою мазут і масло. Палива для реактивних двигунів і дизельні по схильності до втрат від випаровування займають проміжне положення. Наприклад, якщо 10 % маси бензину википає при температурі не вище $55\div 70^{\circ}\text{C}$, то така ж кількість дизельного палива википає при температурі вище 200°C .

Втрати від випаровування умовно можуть бути розділені на втрати:

- від витіснення парів паливом, що наливають;
- від теплового розширення пароповітряної суміші;
- від теплового розширення палив;
- від зниження атмосферного тиску;
- від швидкості насичення парового простору парами палив при наливанні відкритим або закритим струменем;
- від дифузії парів при відкритому або нещільно закритому резервуарі.

Для розрахунку втрат нафтопродуктів від випаровування вважається така формула [10] для бензину:

$$G = \beta * V_H * P_S / P_r * \rho,$$

де G - втрати бензину від випаровування, кг;

V_H - об'єм налитого бензину, м^3 ;

P_S - пружність насичених парами бензину при температурі продукту, Па;

P_r - тиск в пароповітряному просторі, Па;

ρ - щільність парів бензину, $\text{кг}/\text{м}^3$;

β - коефіцієнт, що враховує ступінь насичення пароповітряної суміші, що виштовхується, під час наливання і додаткового збільшення об'єму цієї суміші.

Втрати нафтопродуктів від випаровування ділять на втрати від „малих дихань", "великих дихань" і від вентиляції газового простору. „Мале дихання" - це вихід з резервуару парів нафтопродукту в результаті підвищення його температури, або пониження атмосферного тиску і надходження в цистерну повітря з атмосфери при пониженні температури нафтопродуктів, або підвищенні атмосферного тиску.

Одним з шляхів зниження втрат від «малих дихань» є зниження інтенсивності нагріву цистерн. Найпростішим і доступним способом зниження інтенсивності нагріву цистерн є застосування відповідного забарвлення. Колір фарби в значній мірі впливає на нагрівання стінок автомобільних цистерн сонячним промінням, а отже, і на випаровування нафтопродуктів.

Наприклад, що знаходиться в однакових умовах зберігання бензин залежно від кольору забарвлення може нагріватися до температури: алюмінієве забарвлення - 11,5, сіра - 14,6, сурикова - 16,6, зелена - 22, чорна - 300С.

Коливання температури газового простору значно скорочується при забарвленні цистерн в світлі тони, які мають здатність відбиття сонячних променів. Найбільшою такою здатністю володіє біла фарба.

Ефективним способом зменшення втрат нафтопродуктів від „малих дихань" є транспортування їх під надмірним тиском, тому на автомобільних цистернах встановлюють дихальні клапани, що спрацьовують при надмірному тиску 0,025 МПа, що дозволяє в 3 рази скоротити втрати в порівнянні з цистернами, що експлуатуються без дихальних клапанів.

„Велике дихання" - це витіснення парів нафтопродукту з газового простору цистерни при його заповненні і надходженні в резервуар повітря з атмосфери при її спорожненні. При закритому способі наливання автомобільних резервуарів ефективним способом боротьби з втратами нафтопродуктів є обладнання їх газозрівняльною системою, яка є системою газопроводів, що сполучають газовий простір резервуарів і додаткового спеціального резервуару, з

якого проводять наливання нафтопродукту. Боротьбу з втратами від насичення газового простору парами нафтопродукту проводять також шляхом наповнення цистерн закритим струменем. Якщо в цистерні паливозаправника заливати бензин відкритим струменем, то з кожним 1 м повітря з резервуару в атмосферу попаде 2...3 кг бензину, а якщо заливати в цистерну паливозаправника закритим струменем, то втрати бензину не перевищать 1 кг.

Для зменшення втрат нафтопродукту від випаровування при верхньому наливанні наливний рукав опускають до дна резервуару, і наливання проводять під шар нафтопродукту. В цьому випадку втрати від випаровування не перевищують 0,16 кг на кожний 1 м наливаного бензину, тоді як при наповненні резервуару падаючим струменем втрати зростають в 5,5 рази.

Достатньо ефективним способом зниження втрат нафтопродуктів від випаровування є зменшення об'єму газового простору. Проте в цистернах автомобілів добитися повної ліквідації газового простору неможливо через температурне розширення нафтопродуктів, тому їх заповнюють на 90 % від повної ємності. В резервуарах, заповнених не повністю, великий об'єм газового простору веде до підвищення втрат нафтопродуктів. Втрати бензину [10] від випаровування в резервуарах, заповнених на 20 %, в 32 рази більше, ніж в резервуарах, заповнених на 90%.

Втрати нафтопродуктів від вентиляції газового простору в резервуарах паливозаправників виникають через появу навіть невеликої «нешільності», внаслідок чого відбувається видування парів нафтопродуктів. Втрати від випаровування пального за рахунок вентиляції газового простору різко зростають при русі паливозаправників з резервуарами, коли вони інтенсивно обдуваються повітрям. В цих умовах через отвір площею 1 см² може протягом 1 години втрачатися у вигляді парів до 1,5 кг нафтопродукту. Втрати нафтопродуктів від вентиляції газового простору повністю виключають, якщо щільно закривають люки резервуарів і напірно-всмоктуючі патрубки після заповнення, своєчасно перевіряють і регулюють дихальні клапани, звертають більше уваги на наяв-

ність і цілісність гумових прокладок ущільнювачів, регулярно у встановлені терміни проводять технічне обслуговування автомобільних резервуарів.

4.2 ВТРАТИ ВІД ВИТОКУ

Втрати від витоку, розливу і розбризкування відбуваються при прийомі, видачі і транспортуванні нафтопродуктів. Ці втрати в основному залежать від обслуговуючого персоналу, несвоєчасних оглядів, ТО і ремонту технологічного обладнання і тому при уважному і добросовісному відношенні до роботи усовуються. Витоки, розлив і розбризкування звичайно відбуваються унаслідок:

- «нещільності» в місцях з'єднань труб, рукавів, засувок і вентилів;
- переливу нафтопродуктів при наповненні автомобільних баків;
- неповного спорожнення зливної труби і рукавів;
- наливання нафтопродуктів в несправні резервуари;
- випліскування нафтопродуктів через нещільно закриті люки при русі паливозаправників, або нещільно закриті приемо-видаючі патрубки.

Втрати від витоків дуже великі [10]:

- при витоку з швидкістю дві краплі в секунду втрати складають 1350 кг в рік;
- втрати у вигляді краплі, перехідної часом в струйку, доходять до 1900 кг в рік;
- струмінь діаметром 2,5 мм при тиску 0,1 МПа створює втрати в кількості 20000 кг, а діаметром 4,8 мм - 32 000 кг в місяць.

Втрати легких нафтопродуктів мають місце ще в тому випадку, якщо капель не спостерігається, а має місце отпотина. При транспортуванні бензину навіть в 200-літрових бочках в кузовах автомобілів на відстань 200 км при температурі навколишнього повітря 24°C втрати складають 0,3÷0,5 кг, а в бочках з отпотиною - до 4,6 кг. Для недопущення цих втрат місця отпотин покривають бензостійкою замазкою.

4.3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ

4.3.1 Техніка безпеки при роботі з нафтопродуктами

Цистерни паливозаправників перевозять і виконують технологічні операції по зливу, наливанню, перекачуванню і заправці світлими і темними нафтопродуктами, які в більшості своїй є токсичними і легкозаймистими рідинами. Тому робота з ними вимагає постійного дотримання правил техніки безпеки і обов'язкового виконання правил пожежної безпеки.

Токсичність нафтопродуктів і спеціальних рідин характеризується величиною гранично допустимої концентрації парів у повітрі (таблиця 9).

Таблиця 9 – Гранично допустимі концентрації (ГДК) пари нафтопродуктів і органічних розчинників в повітрі робочої зони

РОЗЧИННИК	ГДК у повітрі, мг/м ³	РОЗЧИННИК	ГДК у повітрі, мг/м ³
Бензин і інші углеводородні палива і мінеральні масла.....	100 ÷ 300	Сольвент кам'яновугільний	100
Ацетон	200	Спирт бутіловий	10
Бутілацетат	200	Спирт етиловий	1000
Ксилол	50	Толуол	50
Скипидар	300	Бензол	5

4.3.2 ПОВОДЖЕННЯ З НАФТОПРОДУКТАМИ І СПЕЦІАЛЬНИМИ РІДИНАМИ ЯК З ТОКСИЧНИМИ РІДИНАМИ

Приміщення, в яких ведуться роботи з нафтопродуктами і спеціальними рідинами, обладнують приточно-витяжною вентиляцією. При зачистці і ремонті резервуарів їх обов'язково продувають повітрям або парою. Такі роботи в атмосфері з високим складом парів нафтопродуктів проводять не менше двох виконавців.

Особи, що працюють в атмосфері з підвищеним вмістом парів нафтопродуктів, піддаються попереднім і періодичним медичним оглядам. Всі робітники повинні уміти надавати першу допомогу потерпілому і робити штучне дихання. Для попередження шкірних пошкоджень користуються спецодягом, часто миють руки і використовують захисні мазі. При роботах (навіть короткочасних) в умовах високої концентрації пари нафтопродуктів користуються шланговими протигазами ПШ-1, ПШ-2 або кисневими приладами КИП-5, РКР-3.

При обливах нафтопродуктами спецодяг знімають і приймають гарячий душ. Спецодяг замінюють або вивітрюють до зникнення запаху. Особи, що працюють з бензином, кожні 6 місяців піддаються медичним оглядам з обов'язковим аналізом крові. При змінах у складі крові їх переводять на роботу без контакту з токсичними рідинами.

При поводженні з етиловою рідиною користуються фільтруючими протигазом і спецодягом (гумовий костюм, фартух, рукавички, взуття). Через кожні 30 годин роботи протигаз замінюють новим. До роботи з етиловою рідиною не допускаються особи молодше 18 років, що не пройшли медичну комісію і інструктаж про міри безпеки при роботі з нею.

Суміш етилової рідини з бензином готують тільки в місцях, спеціально призначених для цієї мети. З цих місць забороняється виносити забруднені етиловою рідиною предмети. Приміщення, де проводять роботи з етиловою рідиною, обладнані приточно-витяжною вентиляцією. Роботи з етиловою рідиною проводять тільки під витяжною шафою. Біля місць роботи з етиловою рідиною необхідно мати засоби дегазації (керосин , 3 % - ний розчин хлораміну, хлорну ізвесть і ін.). Роботи з етиловою рідиною чергують з іншими роботами. При попаданні етилової рідини на ділянки тіла їх обробляють керосином і ретельно промивають гарячою водою.

Етілірованим бензином не миють руки, деталі, не чистять одяг. Етілірований бензин використовують тільки як паливо для двигунів. Перед прийняттям їжі ретельно миють руки теплою водою з милом. Пити та їсти в приміщенні, де проводяться роботи або зберігається етілірований бензин, забороняється.

При протоці етілірованого бензину місце в приміщенні спочатку витирають сухою ганчіркою, а потім ганчіркою, змоченою в керосині. Далі приміщення провітрюють. При попаданні етілірованого бензину на одяг його знімають і провітрюють на відкритому повітрі до зникнення запаху бензину.

При попаданні етілірованого бензину на шкіру облиті ділянки зразу ж протирають чистим бензином або керосином, або витирають сухою ганчіркою і промивають теплою водою з милом. Спецодяг берегти і стирати будинки забороняється. Трубопроводи продувають тільки грушею або насосом.

При роботі з *етиленгліколем* дотримують наступне: бережуть етиленгліколь в справній, герметично закупореній і опломбованій тарі в спеціальному приміщенні, що виключає доступ сторонніх осіб. Етиленгліколь видають тільки по вимогах встановленого зразка за допомогою спеціальних насосів і тарного посуду. Засмокткування етиленгліколя ротом категорично забороняється.

4.3.3 ПОВОДЖЕННЯ З НАФТОПРОДУКТАМИ І СПЕЦІАЛЬНИМИ РІДИНАМИ ЯК З ВОГНЕНЕБЕЗПЕЧНИМИ РІДИНАМИ

Для уникнення утворення вибухонебезпечних сумішей на всіх резервуарах, цистернах і бочках кришки горловини повинні мати щільні прокладки і бути щільно закритими. Дозволяється відкривати кришки тільки у тих резервуарів і цистерн, з яких в даний момент зливають нафтопродукт. Після закінчення зливу (наливання) їх щільно закривають. Відкривати і закривати кришки слід обережно: забороняється їх кидати або відкривати таким інструментом, який може дати іскру.

Всі автомобільні резервуари і цистерни при роботах по зливу і наливанию заземляють до відведення статичної електрики. Забороняється берегти нафтопродукти в несправних резервуарах, цистернах, контейнерах, бочках і бідонах. На майданчиках зберігання і видачі повинні бути обладнані пожежні щити з необхідним протипожежним інвентарем.

В сховищах нафтопродуктів, на насосних станціях і в колодязях не дозволяється користуватися під час роботи відкритим вогнем і застосовувати ро-

зжарені предмети (паяльники, нагріті стрижні і т.п.). Не дозволяється видавати нафтопродукти в несправну тару через пошкоджені рукави. Всі освітлювальні і силові установки повинні бути завжди справний, відповідати правилам пожежної безпеки і знаходитися під постійним контролем фахівців.

Для попередження пожеж при транспортуванні нафтопродуктів виключають:

- застосування відкритого вогню, використання інструменту, що дає іскру, утворення статичної електрики;

- підтікання або несправності резервуарів, цистерн і тари, погане кріплення резервуарів в кузові автомобілів.

При перевезенні нафтопродуктів за допомогою автомобілів необхідно мати протипожежне обладнання. Глушник виводять під передній бампер, так щоб в дорозі або при виконанні зливно-наливних операцій нафтопродукт не міг потрапити на розжарений глушник і викликати пожежу.

Кожний автомобільний резервуар або цистерна має металеві наконечники рукавів, які вживлені в ніх. Їх обов'язково заземляють на час зливу (наливання) і заправки.

На стоянках у зливних і наливних стояків двигуни автомобільних цистерн повинні працювати на малих оборотах, вимикати двигун забороняється. Автомобільні цистерни і бортові автомобілі, нафтопродукти, що перевозять, в резервуарах, на ділянках видачі встановлюють в один ряд з таким розрахунком, щоб при необхідності вони могли швидко об'їхати один одного. Розвертатися і маневрувати на ділянці наливання забороняється.

При виявленні несправності автомобілю або резервуару (цистерни) наливання в неї нафтопродукту негайно припиняють та бусирують цей автомобіль іншим автомобілем для усунення несправностей.

На стоянках і в дорозі не дозволяється палити в кабіні автомобільної цистерни і біля неї.

При сливі і заливі нафтопродукту в автомобільну цистерну або в резервуар встановлений на автомобілі, дотримують наступні правила:

- автомобіль встановлюють так, щоб глушник двигуна був обернутий убік, протилежній тому, де знаходиться пристрій для наливання;
- якщо двигун вимкнувся, то автомобіль удаляють з майданчика на буксирі;
- не заправляють паливні баки автомобіля на місці зливу або наливання резервуарів.

При операціях, пов'язаних з перекачуванням нафтопродуктів по трубах, при русі нафтопродукту в насосах, фільтрах, при заповненні резервуарів і тари, коли швидкість руху рідини перевищує $3,5 \div 4,0$ м/с, можуть виникати заряди статичної електрики. В тих випадках, коли металева труба ізолювана від землі, при припиненні руху палива виникає іскровий розряд, який може бути причиною виникнення пожежі. Щоб цього уникнути, трубопроводи у всіх комунікаціях при обв'язуванні резервуарів, стояки і наливні естакади надійно заземляють, що забезпечує відведення позитивного заряду труби в землю.

При наливанні нафтопродукту в резервуари і цистерни автомобілів, а також іншу тару на їх поверхні також нагромаджуються заряди статичної електрики. Якщо в резервуарах з нафтопродуктом присутня волога, механічні домішки, які можуть дати низький питомий опір, заряди статичної електрики стікають до стінок резервуару. В результаті, коли рівень нафтопродукту в резервуарі досягне сталеві кришки горловини, при відсутності заземлення може виникнути іскровий розряд і відбутися пожежа.

Іскрові розряди значно посилюються за наявності на стінках трубопроводів, автомобільних цистерн і резервуарів загострених предметів (окалин, болтів, гайок), а також у присутності плаваючих на поверхні нафтопродукту предметів (сирих листів, щепок і ін.). Окалина на дні резервуару або плаваючий предмет на поверхні нафтопродукту більш інтенсивно накопичують на собі заряд електрики і, коли плаваючі предмети наближаються до стінки резервуару, віддають цей заряд у вигляді іскри. В процесі транспортування нафтопродукту в автомобільних резервуарах, цистернах, танкерах, баржах і іншій тарі заряди статичної електрики також можуть нагромаджуватися на їх стінках. При промивці резервуарів водою під великим тиском заряди статичної електрики утво-

рюються на наконечниках рукавів, стінках і інших металевих частинах, що приводить до іскроз'явлення, створює небезпеку вибуху, якщо резервуар заповнений парами нафтопродукту.

Захист обладнання від виникнення статичної електрики здійснюють наступним чином: ділянку вивідного кінця трубопроводу роблять розширеною, щоб швидкість руху нафтопродукту в ньому не перевищувала $3,5 \div 4,0$ м/с. Для запобігання накопичення зарядів статичної електрики на стінках резервуарів їх надійно заземляють, а при наливанні нафтопродукту в автомобільні резервуари і цистерни обов'язково заземляють ланцюжком, який постійно торкається землі, а також за допомогою гнучких металевих з'єднань у вигляді сталевих тросів або дротів.

Сплески нафтопродукту в автомобільному резервуарі або цистерні при русі також сприяють виникненню зарядів на внутрішніх поверхнях, тому при русі заземлюючий ланцюжок повинен торкатися покриття землі. При сливі нафтопродукту з резервуарах та цистернах автомобілів їх поєднують за допомогою металевого заземлюючого пристрою із заземленим резервуаром, в який проводиться злив.

Гумовотканинні спіральні рукави мають провідники, які сполучають із заземленим резервуаром. Антистатичні рукави не вимагають заземлення, їх ознакою є наклейка з червоної гуми на одному з кінців.

Для попередження пожеж і вибухів, що виникають від статичної електрики, наливання проводять під шар нафтопродукту, уникаючи виникнення падаючого струменя; не допускають утворення сумішей нафтопродукту з водою, не промивають трубопроводи водою; виключають підсос повітря через всмоктуючу магістраль насосної установки.

4.3.4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЦИСТЕРН ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

До експлуатації на транспортних засобах допускаються тільки справні автомобільні резервуари і цистерни. Особи, що працюють на них, здають тех-

мінімум по даній спеціальності і екзамен з техніки безпеки. Крім того, особи, що працюють на автомобільних резервуарах і цистернах, змонтованих на шасі транспортних засобів, повинні мати також і посвідчення на право управління автомобілем відповідної вантажопідйомності.

Резервуари і цистерни, змонтовані на шасі автомобілів, напівпричепів, причепів і спеціальних візках, держать на спеціальних майданчиках або в боксах, які обладнали протипожежними засобами. При експлуатації автомобільних резервуарів і цистерн строго стежать за правилами запуску, роботи, зупинки і надійності з'єднання агрегатів, трубопроводів і рукавів. При русі водії автомобільних резервуарів (цистерн) повинні проявляти обережність, особливо при під'їзді до наливних стояків, естакад, об'єктів і стоянок біля них. Особливо уважним необхідно бути при русі з не повністю залитим резервуаром (цистерною), оскільки зсув центру маси вантажу може привести до їх перекидання. Тому категорично забороняється цим водіям здійснення різких, поворотів і гальмувань. Трогання з місця проводять плавно, на низькій передачі, вибираючи швидкість руху відповідно до виду доріг

При виконанні операцій по зливу, наливанню і заправці включають заземлення і тримають в готовності до роботи засоби пожежогасіння. Не можна користуватися для освітлення вибухонебезпечними приладами або сірниками. В кабіні водія може знаходитися тільки особи, допущені до обслуговування даної автомобільної техніки.

Водіям з резервуарами в кузові або автомобільних цистерн при перевезенні нафтопродуктів категорично забороняється:

- використовувати автомобільні резервуари і цистерни за наявності будь-яких несправностей випускної системи двигуна, відсутності ланцюгів заземлення, у разі підтікання нафтопродукту, обривів або порушення електропроводки;
- ударяти металевими предметами по деталях і вузлах автомобільних резервуарів (цистерн);

- відігрівати зливні трубопроводи, відстійники і арматуру відкритим полум'ям (для цієї мети використовують гарячу воду, пару або гарячий пісок) і палити;

- виконувати роботи при підвищенні тиску в цистерні вище 0,025 МПа, при розрідженні більше 0,01 МПа і несправностях контрольно-вимірювальних приладів. Працювати в резервуарі (цистерні) без спецодягу і протигаза, а також користуватися нештатним інструментом;

- укладати рукави і інші місця, якщо в них залишився нафтопродукт;

- нагрівати в'язкі нафтопродукти при несправностях в системі нагріву;

- берегти на автомобільних резервуарах (цистернах) промаслену тканину і інші легкозаймисті матеріали;

- встановлювати ближче за 3 метри від автомобільного резервуару (цистерни) агрегати, які можуть бути джерелами іскріння.

При експлуатації автомобільних резервуарів і цистерн не розливати нафтопродукт на майданчику, де проводять зливно-наливні операції; забороняється проводити ремонт, регулювання і змазування вузлів під час роботи автомобільної цистерни; негайно зупиняють зливно-наливні операції при виявленні несправностей в роботі.

Насосні установки і обладнання складів і нафтобаз, як правило, мають електропривод. Для зменшення небезпеки уразок електричним струмом:

- неізольовані токоведучі частини надійно закривають. Захищають доступ до них у всіх випадках, коли напруга перевищує 65 В в сухих приміщеннях і 12В в приміщеннях з підвищеною вологістю;

- для переносних ламп користуються напругою, що не перевищує 36 В;

- користуються рубильниками тільки закритого типу.

Для попередження уразки електричним струмом обслуговуючого персоналу через нетоковедучі частини обладнання (станина, корпус насоса і ін.) і у разі замикання одного з дротів силової лінії (при порушенні ізоляції або із інших причин) обов'язково заземляють ці частини. Заземлення (занулення) забезпечує зниження напруги на нетоковедучих частинах машин до безпечних

величин у разі попадання на них напруги з електричної сіті. Заземлення здійснюють з'єднанням обладнання із землею провідником малого сполучення (до 40 Ом). Занулення застосовують в чотирьохдротяних сітях трифазного струму з наглухо заземленою нульовою точкою. Воно забезпечує більш надійний захист, ніж заземлення. При зануленні нетоковедучих частин обладнання приєднують до багато разів заземленого нульового дроту силової лінії.

При загорянні електричних дротів або приладів негайно відключають електросистему. Проводку, що горить та знаходиться під струмом, гасять вуглекислотними вогнегасниками (типу ОУ-2 і ін.). Гасіння водою в цьому випадку категорично забороняється, оскільки вона є провідником електричного струму. Знеструмлені електричні дроти і прилади, що горять, гасять, крім того, пінними хімічними вогнегасниками, струменями води і піском.

4.3.5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ І ПОТОЧНОМУ РЕМОНТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН

При виконанні робіт по технічному обслуговуванню (ТО) і поточному ремонту (ПР) автомобільних цистерн дотримують правила техніки безпеки і протипожежні заходи. Робочі місця повинні бути забезпечені комплектами первинних засобів медичної допомоги і пожежогасіння. Щит з пожежним інвентарем повинен бути забезпечений двома вогнегасниками, двома штиковими лопатами, ломиком, крюком і багром.

Перед виконанням ТО і ПР повністю зливають нафтопродукт з резервуарів (цистерн), комунікацій і насоса. При виконанні робіт по консервації (розконсервації) і забарвленню необхідно пам'ятати, що матеріали консервацій і лакофарбних, а також що входять в їх складі органічні розчинники вибухо- і пожежноопасні. Тому вони здатні надавати шкідливу дію на організм людини, яка постійно працює з цими матеріалами. Цей персонал повинен періодично проходити профілактичний огляд. В місцях проведення ТО і ПР автомобільних

резервуарів (цистерн) забороняється палити, приймати пищу, користуватися джерелами відкритого вогню і нештатним інструментом.

Особливої обережності дотримуються при роботі усередині резервуарів (цистерн). Після зливу нафтопродукту цистерну, комунікації і насос промивають водою і пропарюють протягом 6 годин резервуар (цистерну) сухою парою, потім протягом 30÷40 мін продувають повітрям і знову промивають водою. Після цього резервуари (цистерни) продувають повітрям не менше 2 разів по 15 мін з подальшим природним провітрюванням протягом 24 годин. Залишкову концентрацію пари нафтопродуктів визначають за допомогою відповідних індикаторів не пізніше ніж через 2 години після закінчення сушки (провітрювання) і перед проведенням робіт усередині резервуару (цистерни). Перед початком робіт усередині резервуару (цистерни) до неї під'єднують рукав витяжної вентиляції. Не можна влізати в резервуар (цистерну) відразу після зливу з неї нафтопродукту, особливо етілірованих бензинів.

Для огляду внутрішньої поверхні резервуару (цистерни) після зливу нафтопродуктів застосовують тільки вибухонебезпечні акумуляторні ліхтарі. Очищення резервуарів (цистерн) при ремонтах і технічних оглядах повинно бути забезпечено особливими запобіжними засобами, оскільки при очищенні і зачистці резервуарів (цистерн) може відбутися отруєння працюючих парами нафтопродуктів, а при недбалому відношенні до техніки безпеки - вибух парів.

Термін одноразового перебування робітника в резервуарі (цистерні) не повинен перевищувати 15 хвилин з подальшим відпочинком на чистому повітрі 20 хвилин. При перших ознаках отруєння негайно витягують потерпілого з цистерни. Чистота спецодягу є необхідною умовою попередження нещасних випадків. Часто верхній одяг, просочений нафтопродуктами, особливо бензином, може загорітися при наближенні до відкритого вогню. Не можна палити, не знявши заздалегідь спецодягу.

Ремонт покриттів на внутрішній поверхні резервуарів (цистерн), а також проведення ремонтно-відновлювальних робіт, пов'язаних із зняттям і установкою хвилерізів, обмежувачів наливання, рівнемірів і іншого технологіч-

ного обладнання, розташованого всередині резервуару (цистерни) або горловині, а також виконанні інших робіт проводять не менше ніж два виконавці, забезпечені спецодягом і засобами індивідуального захисту. Інструмент, що використовується а також предмети спецодягу і взуття не повинні мати сталевих деталей, що можуть викликати іскри. При ремонтних роботах забороняється користуватися відкритими нагрівальними приладами і джерелами відкритого вогню.

До роботи по приготуванню ремонтних складів на основі лакофарбних і полімерних матеріалів для ремонту і відновленню покриттів, на внутрішній поверхні резервуарів (цистерн) допускаються особи, що пройшли попередній медичний огляд і що отримали дозвіл на виконання даної роботи. Робітники, допущені до роботи, повинні бути проінструктовані під розпис про токсичні властивості матеріалів і заходи безпеки при роботі з ними. Деякі компоненти, що входять до складу фарб, відрізняються певною токсичністю. Їх пари можуть надавати наркотичне і подразливу дію на організм людини, а при роботі всередині викликати сильне отруєння.

При попаданні компонентів фарб і ремонтних складів на відкриті ділянки шкіри промивають ділянку шкіри теплою водою з милом. При попаданні компонентів фарб і ремонтних складів на слизисту оболонку очей негайно промивають очі теплою водою або 2 %-ним розчином питної соди. Після промивки необхідно негайно звернутися до лікаря. Після закінчення виконання ремонтних робіт приймають душ.

ВИСНОВКИ по четвертому розділу

Приведений матеріал свідчить про те, що:

- У всіх видів палив і спеціальних рідин спостерігаються втрати від випаровування, які залежать від метеорологічних умов і конструктивних особливостей резервуарів призначених для транспортування на автомобілях.

- Втрати здійснюються від витоку, розливу і розбризкування при прийомі, видачі і транспортуванні нафтопродуктів.

- Втрати бувають від неповноти зливу нафтопродуктів, через несправність насосних установок автомобілів, або засобів перекачування, при сливі нафтопродуктів сторонніми перекачуючими засобами, через неправильну установку засобів транспортування, а також через налипання нафтопродуктів на стінки резервуарів, що особливо характерний для в'язких нафтопродуктів.

- Втрати нафтопродуктів бувають від змішення, обводнення і забруднення виникають від погіршення якості нафтопродуктів і неможливості їх застосування по прямому призначенню. Це пов'язано звичайно з порушенням правил поводження з нафтопродуктами, яке приводить до змішення нафтопродуктів різних сортів і марок, забрудненню їх механічними домішками і обводненню.

- Втрати нафтопродуктів при ТО і ПР автомобільних резервуарах відбуваються під час очищення внутрішньої поверхні, при сливі відстою, при промивці і обезжиренні поверхонь.

Враховуючи, що дані рідини є токсичними і легкозаймистими транспортування їх і робота з ними по переміщенню вимагає постійного дотримання правил техніки безпеки і обов'язкового виконання правил пожежної безпеки, які біли детально розглянуті в четвертому розділі.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі була зроблена спроба:

- Провести аналіз існуючих способів транспортування рідини на автомобільних транспортних засобах;
- Вивчити питання динаміки механічної системи типу «автомобіль – рідина, що транспортується» (А-РТ) з урахуванням різного впливу елементів цієї системи.
- Провести розрахунки паливозаправника відмінна особливість якого полягає в тому, що він призначений для оперативного одночасного транспортування двох різних видів нафтопродуктів в місця призначення.
- Оцінити втрати нафтопродуктів від випаровування, витоків, неповноти зливу та інших факторів.
- Розглянути питання з охорони праці та техніки безпеки і протипожежних заходів при роботі з нафтопродуктами.

В ТЕОРЕТИЧНОМУ ПЛАНІ основні результати дипломної роботи полягають:

1. В постановці і рішенні задачі обліку якісної оцінки впливу рідини на частоту і амплітуду коливань механічної системи типу А-РТ.
2. В розробці розрахункових схем математичних моделей механічної системи типу А-РТ.
3. В розробці нових математичних моделей для дослідження динамічних характеристик механічної системи типу А-РТ.
4. В проведенні експериментальних досліджень що підтвердили результати теоретичних досліджень.
5. В розробці пропозиції по створенню нового паливозаправника, що дозволяє одночасно проводити заправку двома видами палива на місцях їх застосування.

В ПРАКТИЧНОМУ ПЛАНІ основні результати дипломної роботи полягають:

1. В розробці нових математичних моделей, які дозволяють досліджувати динамічні характеристики механічної системи типу А-РТ.

2. В тому, що проведені експериментальні дослідження дозволили якісно оцінити вплив приєднаної маси на механічну систему типу А-РТ.

3. В тому, що отримані в ході теоретико-експериментальних досліджень графіки дозволяють оцінити впливи окремих елементів на механічну систему в цілому.

4. Проведений розрахунок запропонованого паливозаправника по параметрах його паливних баків, міцності рами автомобіля, подовжньої та поперечної стійкості з урахуванням різних варіантів завантаження і оцінкою критичної швидкості при поворотах.

Матеріали дипломної роботи доцільно використовувати по дисциплінах навчальних курсів «Проектування автомобільної техніки» і «Експлуатація і ремонт військової автомобільної техніки».

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В. І. Кальченко, В.І., Кальченко Г.В., Пасов Г.В. Історія спеціалізованого автомобільного транспорту, частина 1. Автомобілі і цистерни. - Чернігів: Національний університет «Чернігівська політехніка», 2021. - 308с.
2. Собко Ю.М., Сідун Ю.В., Карасьова Л.О. Проєктування автомобільних доріг. – Львів: Львівська політехніка, 2019. – 225с.
3. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання-Прес. – 511с.
4. Кисликов, В. Ф., Лущик, В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник. – 5-те вид. – К. : Либідь, 2005. – 400 с. : іл.
5. Воробьев В.В., Воробьева Л.Д., Киба С.П. Основи прикладної теорії коливань. – Кременчук: Кременчуцький національний університет, 2020. – 155с.
6. Константінов Ю. М. Технічна механіка рідини і газу / Ю. М. Константінов, О. О. Гіжа. – Київ : Вища школа, 2002. – 358 с.
7. Мусіяка В.Г. Основи числових методів. – Дніпро: ЛПРА,2017. – 256с.
8. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 655с.: іл.
9. Солтус А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. – К.: Арістей, 2006. – 176 с.
10. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник / В. П. Сахно, Г. Б. Безбородова, М. М. Маяк, С. М. Шарай. – К. : КВІЦ, 2004. – 174 с : іл.