

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ

Група АТм-24-1

Олег МИХАЙЛЮК

2025

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу Міністерства освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Михайлюк Олег Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 656.025
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**Тема: Підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів
автомобільними цистернами в умовах ПП «Truck-Lider»**
(назва роботи)

Автомобільний транспорт
(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

О.І. Михайлюк
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Мельник Василь Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Криштопа С.І.
(підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Консультанти по магістерській роботі із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Прунько І.Б.		

7. Дата видачі завдання 28.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	4.1 ВСТУП	01.12.2025 р.	
2	4.2 ЗАГАЛЬНА ДАНІ ПРО ПП «TRUCK-LIDER»	05.12.2025 р.	
3	4.3 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЦИСТЕРН, ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА КОМПЛЕКТУВАННЯ	08.12.2025 р.	
4	4.4 КОНСТРУКЦІЯ АВТОЦИСТЕРН ТА ЇХ НАДІЙНІСТЬ	11.12.2025 р.	
5	4.5 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТІЙКІСТЬ	15.12.2025 р.	
6	4.6 ВИСНОВКИ. 4.7 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. 4.8 ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ	19.12.2025 р.	
7	ГОТОВНІСТЬ РОБОТИ ДО ПОПЕРЕДНЬОГО ЗАХИСТУ	19.12.2025 р.	

Студент _____ Олег МИХАЙЛЮК
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

Керівник _____ Василь МЕЛЬНИК
(Особистий підпис) (Розшифровка підпису)

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі на тему «Підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів автомобільними цистернами в умовах ПП «Truck-Lider»» мною здійснено дослідження літературних джерел у сфері перевезення небезпечних вантажів автомобільними цистернами, досліджено їх будову та особливості застосування, оглянуто основні матеріали для виготовлення цистерн, надано їх характеристику та вплив на довговічність цистерн.

Нами встановлено, що найвищі відцентрові сили отримуються при найменшому радіусі повороту та найвищій швидкості, коли автомобіль повністю завантажений, тобто його маса з вантажем становить 40650 кг. Його відцентрова сила досягає цілих 1016,3 кН при швидкості 25 м/с. У повністю завантаженій автоцистерні його центр мас знаходиться в найвищій точці, тому ми отримуємо такі високі відцентрові сили.

Рух у поворотах з високим центром мас викликає багато проблем, оскільки цистерна може бути повністю або частково завантажена, тому висота центру мас може змінюватися. Зі зміною висоти центру мас змінюється і максимальна швидкість, з якою можна подолати повороти.

Ключові слова: автомобілі, цистерни, перевезення, експлуатація, руйнування, безпека, центр мас.

ABSTRACT

In my master's thesis on the topic "Improving the safety of transportation of dangerous goods by road tankers in the conditions of the "Truck-Lider" PE", I conducted a study of literary sources in the field of transportation of dangerous goods by road tankers, studied their structure and application features, examined the main materials for the manufacture of tanks, provided their characteristics and impact on the durability of tanks.

We have established that the highest centrifugal forces are obtained at the smallest turning radius and the highest speed when the car is fully loaded, that is, its mass with the load is 40650 kg. Its centrifugal force reaches as much as 1016.3 kN at a speed of 25 m/s. In a fully loaded road tanker, its center of mass is at the highest point, which is why we get such high centrifugal forces.

Movement in turns with a high center of mass causes many problems, since the tank can be fully or partially loaded, so the height of the center of mass can change. As the height of the center of mass changes, the maximum speed at which turns can be overcome also changes.

Keywords: cars, tanks, transportation, operation, destruction, safety, center of mass.

ABSTRAKT

In meiner Masterarbeit zum Thema „Verbesserung der Sicherheit beim Gefahrguttransport mit Straßentankwagen unter den Bedingungen des Lkw-Lider-PE“ untersuchte ich Literaturquellen zum Gefahrguttransport mit Straßentankwagen, analysierte deren Aufbau und Anwendungsmerkmale, untersuchte die wichtigsten Werkstoffe für die Tankherstellung und beschrieb deren Eigenschaften und Einfluss auf die Haltbarkeit der Tanks.

Wir stellten fest, dass die höchsten Zentrifugalkräfte bei kleinstem Kurvenradius und höchster Geschwindigkeit auftreten, wenn der Tankwagen voll beladen ist (Masse inklusive Ladung: 40.650 kg). Die Zentrifugalkraft erreicht bei einer Geschwindigkeit von 25 m/s bis zu 1.016,3 kN. Bei einem voll beladenen Straßentankwagen liegt der Schwerpunkt am höchsten Punkt, wodurch diese hohen Zentrifugalkräfte entstehen.

Das Fahren in Kurven mit einem hohen Schwerpunkt birgt viele Probleme, da der Tank voll oder nur teilweise beladen sein kann und sich somit die Höhe des Schwerpunkts ändert. Mit der Änderung der Schwerpunktlage ändert sich auch die maximale Kurvengeschwindigkeit.

Schlüsselwörter: Autos, Panzer, Transport, Betrieb, Zerstörung, Sicherheit, Schwerpunkt

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ДАНІ ПРО ПП «TRUCK-LIDER».....	9
1.1 Призначення підприємства ПП «Truck-Lider».....	9
1.2 Організаційна структура підприємства.....	10
2 ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1 Огляд транспортних засобів у сфері перевезення вантажів.....	14
2.2 Перевезення продуктів харчування.....	18
2.3 Перевезення нафтопродуктів.....	20
2.4 Вантажі хімічної промисловості та вантажі ADR.....	24
2.5 Зріджений газ (ЗПГ).....	25
2.6 Перевезення вуглекислих газів.....	27
2.7 Перевезення насипних вантажів.....	28
2.8 Регулювання міжнародного перевезення небезпечних вантажів (ADR)....	30
3 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЦИСТЕРН, ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА КОМПЛЕКТУВАННЯ	37
3.1 СТАЛЬ AISI 321.....	37
3.2 СТАЛЬ AISI 316 T1.....	39
3.3 АЛЮМІНІЄВИЙ СПЛАВ XTRAL 728 АБО 5754.....	40
3.4 СТАЛЬ S480 АБО AISI 304.....	41
4 КОНСТРУКЦІЯ АВТОЦИСТЕРН ТА ЇХ НАДІЙНІСТЬ.....	42
4.1 Вплив вибору металу та довговічність цистерн.....	42
5 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТІЙКІСТЬ.....	49
5.1 Розрахунок центру мас автоцистерни.....	49
5.2 Рух тягача з напівпричепом у повороті та гальмування.....	53
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТОК А – ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ.....	64

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Михайлюк О.І.			ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМИ ЦИСТЕРНАМИ В УМОВАХ ПП «TRUCK-LIDER»	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мельник В.М.					6	85
Реценз.						ІФНТУНГ, АТм-24-1		
Н. контр.		Прунько І.Б.						
Затверд.		Криштопа С.І.						

ВСТУП

Актуальність. Автомобільний транспорт є невід'ємною частиною економічної та соціальної інфраструктури України, пов'язаної з перевезенням пасажирів та вантажів автомобільним транспортом, тому наша країна є однією з найбільших країн з транзиту вантажів. Нашими дорогами перевозяться не тільки звичайні вантажі, але й небезпечні вантажі в тому числі рідини і газу. Перевезення рідин – це досить складний процес, який вимагає добрих навичок та практики. Під час перевезення рідких вантажів можна зіткнутися з багатьма проблемами. Одна з яких є те, як поводить рідкий вантаж у автоцистерні під час транспортування при русі на повороті або різкому гальмуванні. Тому метою цієї роботи є вивчення теорії, представленої в літературі з перевезення рідких небезпечних вантажів, їх розвитку та формування; правил перевезення небезпечних вантажів (ADR) та ін.

Завдання досліджень:

- розглянути специфіку та можливості перевезення рідких та насипних вантажів автомобільними цистернами;
- специфікація, вимоги та технічні характеристики ADR (Європейської угоди про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом);
- розглянути положення центру ваги під час транспортування повних та частково наповнених автомобільних цистерн;
- дослідити максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах при різних ступенях наповнення та коефіцієнтах зчеплення шин з дорожнім покриттям.

Об'єкт дослідження – автомобільні цистерни, матеріал виготовлення, експлуатаційні показники роботи.

Предмет дослідження – вплив матеріалу виготовлення та умов експлуатації автоцистерни на безпеку перевезення.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

- 1) проаналізовано специфіку та можливості перевезення рідких та насипних вантажів автомобільними цистернами;
- 2) розглянуто специфікацію, вимоги та технічні характеристики ADR (Європейської угоди про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом);
- 3) досліджено зміну положення центру ваги під час транспортування повних та частково наповнених автомобільних цистерн;
- 4) досліджено максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах при різних ступенях наповнення та коефіцієнтах зчеплення шин з дорожнім покриттям.

Наукова новизна. Теоретично та експериментально досліджено вплив ступеню наповнення автоцистерн та коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям на максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах.

Методи дослідження. У роботі використано методи аналізу наукової та технічної інформації, теоретичні та експериментальні дослідження впливу ступеню наповнення автоцистерн та коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям на максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах.

Особистий внесок автора. У рамках роботи визначено основні завдання, обрано та освоєно методи їх виконання. Проведено підбір і аналіз літературних джерел, виконано аналіз і теоретичне обґрунтування отриманих даних. Зокрема, досліджено вплив рівня заповненості автоцистерн та коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям на максимально безпечну швидкість руху цистерни у поворотах. На основі проведеного дослідження узагальнено результати та сформульовано висновки.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ПРО ПП «TRUCK-LIDER»

1.1 Призначення підприємства ПП «Truck-Lider».

ПП «Truck-Lider» призначене для виконання перевезень вантажів різного виду пі замовлення по маршрутах як на території України так і закордон.

Рухомий склад підприємства є практично двомарковим і включає, в основному вантажні автомобілі тягачі: Renault Magnum та Renault Premium. На балансі АТП знаходяться 50 тягачів і 35 напівпричепів.

Крім того тягачі підприємства працюють зі спеціалізованими причепами підприємств-клієнтів (рефрижератори, цистерни і т.д.).

Експлуатація автомобілів ведеться в основному на дорогах в умовах, що відповідають 1, 2 категорії умов експлуатації. Режим роботи підприємства – 255 днів в році, час знаходження в наряді – 12 годин. Автомобільний парк підприємства підтримується в належному стані, здійснюється поступове оновлення парку автомобілів.

Детальний опис складу парку подано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад автотранспорту ПП «Truck-Lider»

Марка автомобіля	Кількість, штук
Renault Premium	30
Renault Magnum	20
Напівпричіп Lamberet SAF SL-400	10
Напівпричіп Vodex	10
Всього	70

Технічний стан автомобілів – 0,4 пробігу до капітального ремонту.

Оскільки склад транспорту на підприємстві практично двомарковий і переважна більшість автомобілів марок Renault Magnum та Renault Premium з дизельними системами живлення то саме ці дві моделі і були вибрані за базові в завданні на бакалаврську роботу.

Короткі технічні характеристики базових моделей подані в табл. 1.2 і 1.3.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Коротка технічна характеристика автомобіля Renault Magnum.

Назва параметра	Значення
Колісна формула	4x2
Власна маса, кг	7600
Вантажопідємність, кг	30 000
Максимальна швидкість, км/год	150
Контрольний розхід палива, л/100км	33
Максимальна потужність, кВт	353
Максимальний крутний момент, Н·м	1050
Двигун	Renault Dxi12 480EC1
Марка шин	315/80R22.5 або 315/70R22.5
Число коліс тягача, шт	6
Габаритні розміри, мм:	
-висота;	3751
-ширина;	2550
-довжина;	5910
-довжина автопоїзда;	14 500

1.2 Організаційна структура підприємства.

Очолює АТП директор.

Управління складається з:

- виробничого підрозділу: АТП;
- служб: технічної, економічної, експлуатаційно-диспетчерської, бухгалтерії, служби головного механіка;
- ремонтно-механічна майстерня.

Призначення системи організації ТО і ПР.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Коротка технічна характеристика автомобіля Renault Premium.

Назва параметра	Значення
Колісна формула	4x2
Власна маса, кг	5697
Вантажопідємність, кг	24 000
Максимальна швидкість, км/год	155
Контрольний розхід палива, л/100км	27
Максимальна потужність, кВт	235
Максимальний крутний момент, Н·м	800
Двигун	Renault Dxi12 480EC1
Марка шин	315/80R22.5 або 315/70R22.5
Число коліс тягача, шт	6
Габаритні розміри, мм:	
-висота;	3000
-ширина;	2450
-довжина;	6300
-довжина автопоїзда;	13 800

Система організації ТО і ПР призначена для забезпечення технічного обслуговування і ремонту рухомого складу підприємства при мінімальних затратах і простоях автомобілів, а також проведення заходів по підвищенні ефективності виробництва. Організація виробництва повинна бути такою, щоб забезпечувала економічне використання експлуатаційних матеріалів, запасних частин, виробничої бази підприємства й праці ремонтних працівників.

Отже, для підвищення якості технічного обслуговування і ремонту автомобілів необхідно звертати велику увагу на покращення організації й управління виробництвом.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Управління виробництвом ТО і ПР на автотранспортному підприємстві ПП «Трак-Лідер» очолює головний інженер, який здійснює загальне керівництво через підпорядкованих йому начальників виробничих підрозділів.

Схема загальної структури управління персоналом ПП «Трак-Лідер» наведено на рис. 1.1.

У ПП «Трак-Лідер» праця ремонтних робітників організована методом спеціалізованих бригад. Для виконання робіт ЩО, ТО-1, ТО-2, ПР рухомого складу на АТП створені окремі спеціалізовані бригади. На кожну спеціалізовану бригаду покладено завдання завчасного і якісного виконання відповідного типу ТО і ПР по всім автомобілям АТП.

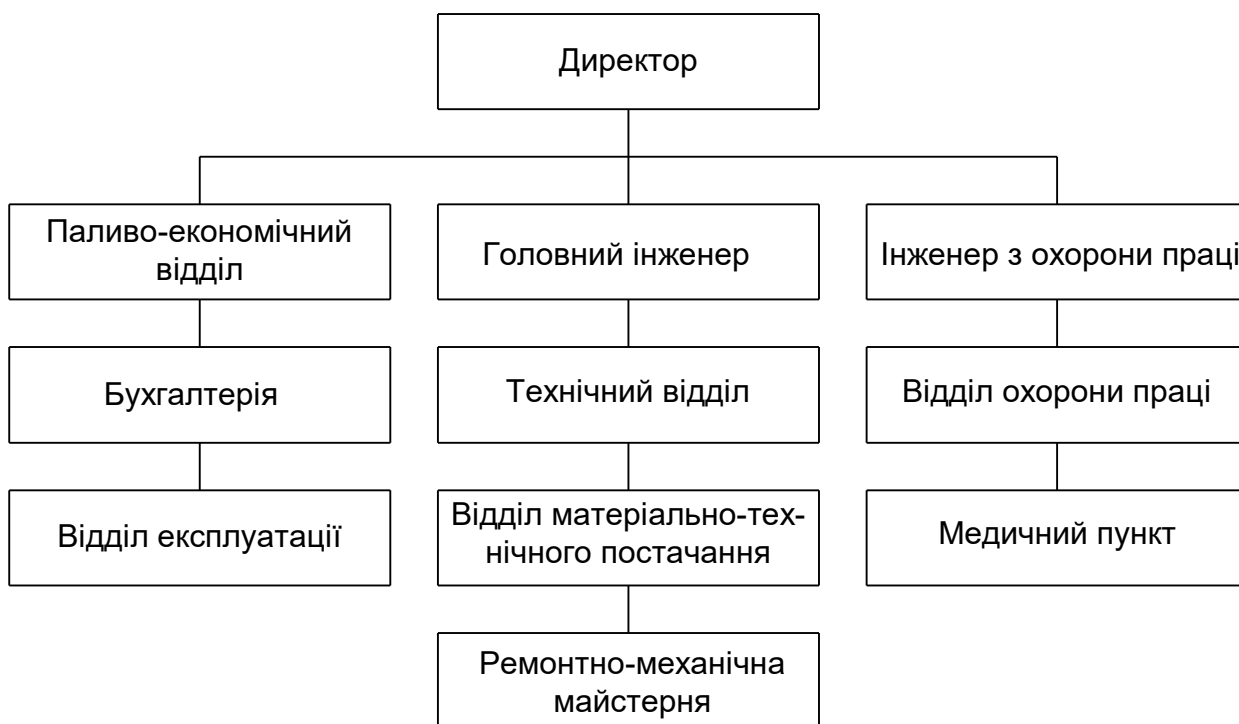


Рисунок 1.1 – Схема структури управління персоналом ПП «Трак-Лідер»

Функції і задачі основних виробничих підрозділів та їх керівників.

Начальник відділу постачання відповідає за матеріально – технічне постачання й організацію складського господарства.

Начальник технічного відділу розробляє заходи по підвищенню ефективності виробництва, зменшення простою автомобілів, витрат праці, матеріалів та запасних частин.

Головний механік АТП забезпечує утримання будівель, споруд і технологічного обладнання у справному стані.

Начальник авторемонтної майстерні здійснює керівництво виробництвом усіх робіт по обслуговуванню та ремонту автомобілів, здійснює його планування, бере участь по підвищенню ефективності виробництва.

Механік КТП здійснює прийом і випуск автомобілів на лінію, перевірку їх технічного стану, контроль якості ТО і ПР рухомого складу.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Огляд транспортних засобів у сфері перевезення вантажів.

В Україні та світі перевозяться різноманітні вантажі. Різні типи вантажів потребують різних платформ.

Вантажі можуть перебувати у трьох основних агрегатних станах: газоподібному, рідкому або твердому.

Також, широко використовують перевезення твердих та негабаритних вантажі. Такі вантажі зазвичай перевозяться за допомогою брезентових, твердих, ізотермічних напівпричепів та причепів або різних платформ для негабаритних вантажів.

Причіп – це пристрій, який кріпиться до транспорту, що рухається (теоретично – будь-якого) за допомогою зчіпного механізму. У причепа з боку кріплення до автомобіля є спеціальна деталь, яка забезпечує міцне з'єднання з гаком на вантажівці.

Напівпричіп – це теж пристрій, який потрібно закріпити на транспорті. Але на відміну від причепа йому необхідний сидельний тягач. Якщо причіп можна теоретично встановити на будь-який транспортний засіб, не маючи ніяких особливих навичок і умінь, то напівпричіп вимагає досвіду і наявності спеціального кріплення, яке називається шкворнем.



Рисунок 2.1 – Напівпричіп для перевезення вантажів [3]

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Крім відмінностей у кріпленні, причіп і напівпричіп розрізняються маневреністю. Напівпричіп вважається більш маневреним – завдяки міцному з'єднанню він стає немов би продовженням автомобіля, і водій легко передбачає його рух. Причіп кріпиться більш вільно. Якщо причіп до того ж легкий, він може дуже непередбачувано поводитися на дорозі. Тому важливо під час руху з причепом дотримуватися запобіжних заходів, щоб уникнути наслідків.

Остання суттєва відмінність – ціна. Напівпричепи в середньому дорожчі, тоді як причіп може дозволити собі навіть приватний перевізник.

Причепи найчастіше використовують у сільському господарстві для перевезення продуктів на середні відстані. Напівпричепи ідеально підходять для далеких транспортувань будь-яких інших товарів.

Придбання напівпричепа, як і будь-якої іншої техніки, потребує серйозного аналізу і підготовки. Щоб вибрати й купити напівпричіп, потрібно визначитися з транспортним завданням, яке вирішуватиме напівпричіп. Транспортним завданням, як правило, є – вид перевезених вантажів і вантажопідйомність техніки.

Види та призначення напівпричепів.

Рефрижератори – здатні підтримувати всередині певний температурний режим за допомогою спеціальної установки.

Для перевезення продуктів, де потрібне збереження температурного режиму. Як правило, це швидкопсувні та заморожені продукти, квіти. Дають змогу перевозити такі продукти на далекі відстані. Холодильні установки та ізотермічний кузов забезпечують температуру від +12 до -25 °С. Вантажопідйомність – 20-25 т. (об'єм 82 м³);

З тентовим накриттям – недорога модель, що захищає вантаж від сонця й опадів, зручна при завантаженні, розрізняють: шторні та шторно-бортові моделі. Найуніверсальнішим є – шторний напівпричіп. Для перевезень великогабаритних неподільних вантажів, які не потребують дотримання

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

температурного режиму. Простий, недорогий, забезпечує легке завантаження з 4-х сторін. Але є великий мінус – такі причеми легко пограбувати. Бортовий напівпричіп зручний для перевезення будматеріалів, завдяки відкидним бортам і можливості верхнього і бічного навантаження. Вантажопідйомність – 20-25 т.

Ізотермічні – працюють за принципом термоса – зберігають усередині холод або тепло. Кузов причепа оснащений теплоізоляцією (ізотерм), але в ньому відсутня холодильна установка. Дозволяє перевозити швидкопсувні вантажі на близькі відстані протягом обмеженого часу. Вантажопідйомність – 20-25 т. (обсяг 82 м³).

Контейнеровози – пристосовані для транспортування контейнерних вантажів. Використовується для транспортування вантажів у контейнерах. Залежно від виду, бувають низькорамні (для перевезення містких суховантажних контейнерів), самоскидні та універсальні розсувні (для перевезення двох 20 футових або одного 40 футового контейнера).



Рисунок 2.2 – Бортова шаланда для перевезення вантажів [3]

Бортові (шаланди) – агрегати відкритого типу для перевезення габаритних вантажів. Відкрита бортова платформа. Причіп дає змогу перевозити різні габаритні вантажі, не вимогливі до опадів, температури. Вантажопідйомність – 15-25 т.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

вантажів належать пластикові (ПВХ, ПВД, ПЕВТ, поліетилен) гранули, зерно, солод, сода, крохмаль, добрива, комбікорм, цукор тощо. Тому такі вантажі потребують спеціальних резервуарів та системи розвантаження.

Вантажі в газоподібному стані мають складніший процес транспортування та зберігання.

Такі вантажі, найчастіше природний газ (CH_4), перевозяться у спеціальних резервуарах з дотриманням надзвичайно суворих вимог до транспортування.

Для перевезення рідких вантажів використовуються напівпричепи-цистерни або тягачі з кузовами-цистернами та причепами. Залежно від виду рідкого вантажу, що перевозиться, також використовуються напівпричепи певної конструкції або виконання, які можуть бути виготовлені для перевезення лише певних вантажів. Основними вантажами в Україні є паливо, сировина для виробництва харчової промисловості та хімікати.

В Україні велика кількість компаній займається перевезенням рідких, газоподібних та насипних вантажів, оскільки популярність таких вантажів в Україні досить висока.

Однією з швидкозростаючих компаній в Україні є ПП «Трак-Лідер». Компанія має понад 50 тягачів марки Renault, більшість з яких відповідають нормам викидів EURO 5 або EURO 6, та понад 20 напівпричепів-цистерн різних виробників (LAG, EUROTANK FELDBINDER, MAGYAR). Ця компанія перевозить в тому числі рідкі хімічні речовини та нафтопродукти.

Також в Україні є інші компанії, які займаються перевезенням рідких вантажів і не лише в Україні, а й у Європі: ПП «Хімекс», АвтоТрансГарант, транспортна компанія UTS та ін.

2.2 Перевезення продуктів харчування.

Перевезення рідких харчових продуктів – це сфера вантажних перевезень, яка вимагає не лише спеціального транспортування, а й спеціальної

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підготовки. Це сфера, пов'язана зі здоров'ям споживачів, тому відповідно регулюється не лише загальними правовими актами, що застосовуються до перевізників, але й гігієнічними нормами, додатковими національними та міжнародними документами. Одним з найважливіших є Угода про міжнародне перевезення швидкопсувних харчових продуктів та спеціальних транспортних засобів, що використовуються для таких перевезень (АТП), підписана в Женеві в 1971 році.

Рідкі харчові продукти – сире молоко, олія, мінеральна вода тощо – перевозяться в цистернах з нержавіючої сталі. Цистерни з алюмінієвих сплавів, що використовувалися в радянські часи, не відповідають гігієнічним вимогам: харчові продукти окислюються через контакт з цим металевим сплавом.

Цистерни з нержавіючої сталі не мають цього недоліку. Цистерни, що використовуються для перевезення харчових продуктів, не можуть використовуватися для інших вантажів. Вони повинні відповідати певним вимогам, тому сертифікуються та маркуються наклейками «Тільки для харчових продуктів». Перед кожним завантаженням цистерни миються та дезінфікуються відповідно до суворих вимог. Водії також потребують спеціальних знань [13].



Рисунок 2.4 – Автомобільна цистерна для перевезення молока [3]

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

У категорії перевезення рідких харчових продуктів сире молоко є безперечним лідером. Автоцистерни – молоковози – виготовляються спеціально для його перевезення; вони також успішно адаптовані для перевезення інших рідких харчових продуктів. Сучасні молоковози настільки теплоізовані, що молоко, охолоджене навіть у 35-градусну спеку, можна безпечно перевозити протягом десяти годин, зберігаючи його незмінну якість. Молоковоз з причепом може перевозити до 23 т молока. Щоб уникнути розливу, який шкодить якості продукту та створює загрозу безпеці перевезення, цистерни поділяються на секції.

Спочатку заповнюється одна секція, потім інша, і нарешті третя. Сучасні цистерни забезпечують безпечне перевезення рідких харчових продуктів у всіх відношеннях [3].

2.3 Перевезення нафтопродуктів.

На ринку постійно зростає попит на перевезення рідких вантажів автоцистернами. Зростає попит на перевезення хімікатів та нафтопродуктів. Вітчизняні компанії зосереджуються на перевезенні рідких вантажів, таких як дизельне паливо або бензин з європейських країн. Протягом останніх 4 років наш ринок імпортує майже всі види палива. Наша нафтова промисловість зазнала значних втрат у зв'язку з війною, а отже Україна змушена імпортувати до 100 % нафтопродуктів.

Таким чином, можна сказати, що Україна є імпортером дизельного палива та бензину.

Україна значно збільшила імпорт палива після 2022 року, замінивши поставки з Росії та Білорусі на європейські джерела. Основними країнами-постачальниками бензину стали Польща, Румунія та Молдова, а дизельного пального – Польща, Греція, Індія, Литва. У січні-вересні 2025 року Україна оформила 6,396 млн. т імпортованих нафтопродуктів, а прямиий імпорт від виробників зріс у 1,6 рази.

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Основні постачальники палива:

Бензин: Польща (52,9%), Румунія (33,9%), Молдова (11%).

Інші країни: Греція, Індія, Литва та Туреччина входять до топ-5 постачальників нафтопродуктів (крім сирих).

Природний газ: Україна імпортує природний газ, у червні 2025 року імпорт склав майже 540 млн куб. м.

Динаміка імпорту:

-2023 рік: Обсяг імпорту палива (не сирого) склав 7,6 млн тонн, що менше, ніж у попередні роки, але з вищою вартістю, ніж у 2021 році.

-2024 рік: Обсяг імпортованого бензину склав 1,016 млн тонн за січень-жовтень.

-Липень 2025: Ввезено 3,60 млн тонн іноземних товарів, що на 38,1% більше, ніж у липні минулого року, завдяки значному зростанню імпорту палива та авто.

-Січень-вересень 2025: Оформлено 6,396 млн. т імпортованих нафтопродуктів, а прямиий імпорт від виробників зріс у 1,6 рази.

Транспортування дизельного палива або бензину танкерами, як уже зазначалося, займає досить велику частку ринку рідких вантажів. Однак нафтопродукти транспортуються не лише з країн ЄС, а й у межах України. Транспортування нафтопродуктів також стрімко розвивається в нашій країні, причому паливо доставляється на автозаправні станції, тепlopункти, що працюють на дизельному паливі або гасі, а також фермерам, як марковане дизельне паливо та на фронт для заправки військової техніки.

Ще одним специфічним видом палива, що використовується в Україні, є авіаційне паливо JET A-1. Цим паливом забезпечені всі військові аеродроми. Транспортування нафтопродуктів відрізняється від перевезення простих хімічних або харчових вантажів. Сам танкер досить складний з точки зору обладнання, яке він містить. Найчастіше такі танкери мають пневматичну або гідравлічну систему завантаження та розвантаження. Оскільки підакцизні

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 2.7 – Обладнання для наливу нафтопродуктів [3]



Рисунок 2.8 – Обладнання для обліку об'єму нафтопродуктів [3]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.4 Вантажі хімічної промисловості та вантажі ADR.

Перевезення хімічної продукції цистернами – це складний і досить небезпечний процес, тому перевізники повинні мати надзвичайно високу кваліфікацію. Хімічна продукція має різні властивості, які необхідно забезпечити під час перевезення вантажу. Вантажі ADR (Європейська угода про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом) часто можуть бути дуже небезпечними не лише для навколишнього середовища, а й для людини. Тому дуже важливо правильно вибрати умови для перевезення, тобто автоцистерну.

Автоцистерни, що перевозять хімічну продукцію, повинні мати відповідне та адаптоване обладнання. Через реакцію деяких небезпечних вантажів з алюмінієм заборонено використовувати алюмінієві компоненти під час розвантаження або завантаження продукції.

Тягач з напівпричепом-цистерною, за допомогою якого будуть перевозитися небезпечні вантажі, повинен відповідати сертифікату ADR та додатковим технічним вимогам. Правила ADR суворо визначають, яким класам повинні відповідати тягачі та напівпричепи. Починаючи з гальмівної системи та освітлення.

«EX/II, EX/III, FL та AT – це маркування відповідності для тягачів, що перевозять вантажі ADR [1, 2]:

- Транспортний засіб EI/II: або «Транспортний засіб EX/III»: означає транспортний засіб, спроектований для перевезення вибухових речовин та виробів (клас ADR 1);

- Транспортний засіб FL»: означає транспортний засіб, призначений для перевезення рідин з температурою спалаху не вище 61°C (за винятком дизельного палива, що відповідає EN 590:1993, газойлю та мазуту (легкого) – № ООН 1202, температура спалаху якого зазначена в EN 590:1993), або призначений для перевезення легкозаймистих газів у контейнерах-цистернах, переносних цистернах або DTC місткістю понад 3 м³, у стаціонарних

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цистернах або знімних цистернах місткістю понад 1 м³, або означає батарею транспортних засобів місткістю понад 1 м³, призначених для перевезення легкозаймистих газів;

- «Транспортний засіб АТ»: означає транспортний засіб, відмінний від FL призначений для перевезення небезпечних вантажів у контейнерах-цистернах, переносних цистернах або ІВС місткістю понад 3 м³, у стаціонарних цистернах або знімних цистернах місткістю понад 1 м³, або означає батарею транспортних засобів місткістю понад 1 м³, відмінну від транспортного засобу FL [1, 2].

Основні характеристики автоцистерн:

- допустима загальна маса 35000 кг;
- порожня маса +/- 5000 кг;
- вантажопідйомність 30000 кг;
- місткість від 28-34 м³;
- робочий тиск ~2 бар;
- зазвичай складається з однієї або кількох (2-8) секцій;
- заповнення самопливом через верхні люки;
- розвантаження пневматичне, гідравлічне або гравітаційне;
- підвіска пневматична;
- може мати підйомну першу вісь або керовану останню вісь;
- автоматичний розподіл гальмівного зусилля та регулювання гальмівного зазору;
- виготовлені зі сталі (нержавіючої сталі) або алюмінію.

2.5 Зріджений газ (ЗПГ).

Зріджений природний газ або ЗПГ – це природний газ у рідкій формі. При охолодженні до -161,5 °С він конденсується в рідину та займає в 600 разів менше місця (ніж у газоподібній формі), що дозволяє вирішити проблему транспортування газу на великі відстані. Газ – найчистіше викопне паливо у

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світі: без запаху, безбарвне, нетоксичне та неагресивне. Залежно від місця видобутку, природний газ складається більш ніж на 90 відсотків з метану, а також з етану, пропану, азоту, сірчистих сполук та води.

Транспортування газу починається з ЗПГ-терміналу. Видобутий природний газ складається з метану, етану, пропану та важчих вуглеводнів, а також невеликої кількості домішок (азоту, гелію, вуглекислого газу, сірчистих сполук, води тощо). Природний газ очищується шляхом видалення непотрібних домішок (щоб вони не замерзали на пізнішому етапі технології при охолодженні газу). Чистіший газ отримують, використовуючи той факт, що температура замерзання метану нижча, ніж у багатьох домішок, тобто при охолодженні природного газу більшість домішок випадає в осад і видаляється. Газ скраплюється шляхом охолодження, тому тиск у резервуарах для ЗПГ близький до атмосферного. Густина ЗПГ вдвічі більша, ніж у води – це надзвичайно зручно при транспортуванні газу суднами: судна, заповнені газом, «легкі», їхня осадка відносно невелика. Тому транспортування газу танкерами не є складним процесом. На схемі нижче показано приклад того, як газ подорожує від місця видобутку газу до споживачів. Після того, як зріджений природний газ доставляється до терміналів спеціальними газовозами, відбувається процес газифікації – зріджений газ перетворюється на природний газ і подається споживачам по трубах. Методи використання ЗПГ є надійними та безпечними. Обидва процеси – охолодження до рідкого стану та газифікація – здійснюються за сучасними, перевіреними технологіями.

Цистерни для зріджених газів мало чим відрізняються від цистерн для рідких вантажів, але мають кілька суттєвих відмінностей – цистерна має єдину форму, має лише кілька клапанів для зливу та завантаження продукту, один отвір, через який можна потрапити в цистерну, але його відкривають лише в крайніх випадках (зазвичай для ремонту). Через фізичний стан зріджених газів усередині цистерни встановлюють хвилерізи, але їхня конструкція може відрізнитися залежно від виробника.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рисунок 2.10 – Автомобільна цистерна для перевезення CO₂ [3]

2.7 Перевезення насипних вантажів.

До основних типів насипних вантажів відносяться:

1. Насипні харчові вантажі:

- борошно;
- цукор;
- зернові;
- харчові добавки (гранули).

2. Насипні нехарчові вантажі:

- поліетиленові гранули;
- добрива;
- цемент;
- різні хімічні добавки (гранульовані);
- корми.

Перевезення насипних та сипучих вантажів цистернами, контейнерами або силосними цистернами є досить специфічною галуззю вантажних перевезень, яка зазвичай вимагає від працівників спеціальних теоретичних та практичних знань. У такій роботі важливим є поєднання відповідальності та

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

точності, великого досвіду та навичок. Працівник повинен бути знайомий з видами насипних та рідких вантажів, їх технологічними та фізичними властивостями, транспортуванням, завантаженням, розвантаженням та іншими специфічними вимогами до будівництва та миття цистерн.

Цистерни для насипних вантажів можуть бути досить різноманітними. Це залежить від типу вантажу. Якщо вантаж дуже дрібних фракцій, наприклад, цемент, найчастіше використовується пневматичний танкер для перевезення сипучих вантажів. Такий танк майже завжди буксирується тягачем, який має додаткову систему накачування повітрям на рамі, що допомагає розвантажувати вантаж, подаючи стиснене повітря всередину танкера. Найчастіше використовуються гвинтові компресори, які можуть генерувати потік повітря 750 м³/год. Такі компресори чудово підходять для розвантаження сипучих вантажів з автоцистерн, але бувають випадки, коли на рамах таких автоцистерн встановлені окремі двигуни внутрішнього згоряння, які обертають свої компресори і таким чином передають потік повітря. У цьому випадку спеціальний тягач не потрібен [1, 2].

Вантажі більшої фракції, але ті, що можуть прилипати до стінок резервуара, такі як цукор, транспортуються силосними резервуарами. Такі силосні резервуари можна підняти з рами приблизно на 600. Розвантаження відбувається через люк ззаду (знизу) шляхом подачі тиску повітря всередину силосного резервуара. Для таких вантажів також використовуються спеціальні компресори, але трохи потужніші. Продуктивність по повітрю від 600 м³/год до 1550 м³/год. При таких високих продуктивностях по повітрю необхідно передбачати спеціальні повітряні охолоджувачі. Однак, одного лише потужного вентилятора для таких силосних резервуарів недостатньо. Майже у всіх випадках спереду розташований потужний 3-5-ступінчастий гідроциліндр, який піднімає силосний резервуар на необхідний кут, тому на трактор необхідно встановити гідродвигун і гідробак.

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8 Регулювання міжнародного перевезення небезпечних вантажів (ADR).

Міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом регулюється Європейською Угодою про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом (ADR), підписаною в 1957р. в Женеві та наразі об'єднує понад 50 країн. У 2000 році Україна також стала договірною стороною угоди.

З метою реалізації положень правових актів Європейського Союзу, що регулюють перевезення небезпечних вантажів на території ЄС, державами-членами, відповідними законами України, постановами Уряду, розпорядженнями міністрів в окремих галузях та іншими правовими актами. Основними з них є Закон України про перевезення небезпечних вантажів автомобільним, залізничним та внутрішнім водним транспортом.

Інші важливі правові акти, що регулюють цю сферу:

- 1) Угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ) з чинними додатками А та В до неї;
- 2) Міжнародна конвенція про безпечні контейнери (Женева, 1972 року) з поправками, опублікована Міжнародною морською організацією (ІМО);
- 3) Кодекс практики ІМО/МОТ/ЄЕК ООН з укладання вантажів у вантажні транспортні одиниці (Кодекс ВТО);
- 4) Рекомендації ООН з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила. (Нью-Йорк, 1956 року) з поправками, опубліковані Організацією Об'єднаних Націй;
- 5) Закон України «Про приєднання України до Європейської угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ)»;
- 6) Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»;
- 7) Закон України «Про дорожній рух»;

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8) Порядок проведення спеціального навчання працівників суб'єктів перевезення небезпечних вантажів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 31 жовтня 2007 року № 1285;

9) Правила дорожнього руху, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року № 1306 та ін.

2.8.1 Маркування вантажів. Угоди ADR суворо визначають процедуру маркування цистерн та автоцистерн. Усі вантажі ADR повинні бути марковані в певному порядку відповідно до їх класів та підкласів. За відсутність або невідповідність таких маркувань стягуються значні штрафи. Також на тягачах та напівпричепах, що перевозять вантажі ADR, ви завжди побачите помаранчеві ідентифікаційні таблички вантажу з номерами, що вказують на тип вантажу, що перевозиться, та його клас небезпеки.

Ідентифікаційний номер небезпеки речовини складається з двох або трьох цифр, що вказують на такі небезпеки [1, 2]:

2 – виділення газу внаслідок тиску або хімічної реакції;

3 – займистість рідин (парів) та газів або самонагрівуючої рідини;

4 – займистість твердих речовин або самонагрівуючого матеріалу;

5 – окислювальний (інтенсивність горіння) ефект;

6 – токсичність та ризик інфекції;

7 – радіоактивність;

8 – корозійність;

9 – небезпека спонтанної бурхливої реакції (включає можливий ризик вибуху, розкладання та полімеризації, який визначається властивостями речовини, що супроводжується виділенням великої кількості тепла та легкозаймистих та (або) токсичних газів.

Дві однакові цифри вказують на посилення відповідної небезпеки. Якщо однієї цифри достатньо для позначення властивої речовині небезпеки, після неї пишеться нуль. Якщо перед ідентифікаційним номером небезпеки вказано

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

літеру «Х», це означає, що речовина небезпечно реагує з водою. У цьому випадку вода використовується лише з дозволу фахівців.

Деякі значення ідентифікаційних номерів небезпеки [1, 2]:

22 – охолоджений скраплений газ, обпікаючий;

323 – легкозаймиста рідина, реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

333 – пірофорна рідина;

382 – легкозаймиста рідина, корозійна, реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

44 – легкозаймиста тверда речовина, розплавлена, підвищена температура;

446 – легкозаймиста тверда речовина, токсична, розплавлена, підвищена температура;

482 – корозійна тверда речовина, реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

539 – легкозаймистий органічний пероксид;

606 – інфекційна речовина;

623 – токсична рідина, реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

642 – токсична тверда речовина, яка реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

823 – корозійна рідина, яка реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

842 – корозійна тверда речовина, яка реагує з водою з виділенням легкозаймистих газів;

90 – екологічно небезпечна речовина; інші небезпечні речовини;

99 – інші небезпечні речовини, що перевозяться за підвищених температур [1, 2].

Вантажі поділяються на такі класи:

- Небезпека 1 класу: вибухові речовини та вироби [1, 2].

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.11 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 1

- Небезпека класу 2: гази [1, 2].



Рисунок 2.12 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 2

- Небезпека класу 3: легкозаймисті рідини [1, 2].



Рисунок 2.13 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 3

- Небезпека класу 4.1: легкозаймисті тверді речовини, самореактивні речовини, тверді десенсибілізовані вибухові речовини й речовини, що полімеризуються [1, 2].



Рисунок 2.14 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 4.1

- Небезпека класу 4.2: речовини, здатні до самозаймання [1, 2].



Рисунок 2.15 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 4.2

- Небезпека класу 4.3: речовини, що виділяють займисті гази при стиканні з водою [1, 2].



Рисунок 2.16 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 4.3

- Небезпека класу 5.1: окиснювальні речовини [1, 2].

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рисунок 2.17 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 5.1

- Небезпека класу 5.2: органічні пероксиди [1, 2].



Рисунок 2.18 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 5.2

- Небезпека класу 6.1: токсичні речовини [1, 2].



Рисунок 2.19 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 6.1

- Небезпека класу 6.2: Інфекційні речовини [1, 2].



Рисунок 2.20 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 6.2

- Небезпека класу 7: радіоактивні матеріали [1, 2].



Рисунок 2.21 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 7

- Небезпека класу 8: корозійні речовини [1, 2].



Рисунок 2.22 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 8

- Небезпека класу 9: інші небезпечні речовини й вироби [1, 2].



Рисунок 2.23 – Зразки знаків небезпеки вантажів класу 9

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЦИСТЕРН, ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА КОМПЛЕКТУВАННЯ

Автоцистерни зазвичай виготовляються з листів нержавіючої сталі або алюмінію, які зварюються разом, утворюючи єдиний контейнер. Зварні шви контролюються рентгенівським приладом. Додаткові перевірки проводяться за допомогою кольорових рідин-пенетрантів, ці кольорові рідини-пенетранти використовуються: для люків, захисного обладнання, покриття зварних швів, внутрішньої опалубки та зовнішньої опалубки. Після перевірки всіх внутрішніх швів резервуара виконуються такі роботи:

- покриття резервуара теплоізоляційним матеріалом поліуретан або мінеральна вата.

Після покриття резервуара теплоізоляційним матеріалом накладається другий зовнішній шар тонкого листа нержавіючої сталі та обмотується весь резервуар. Для посилення швів автоцистерни на зварні шви зовнішнього шару нержавіючої сталі розміщуються додаткові кільця. Використовуючи поліуретан як теплоізоляційний матеріал, можна досягти термостійкості за допомогою шарів теплоізоляції, які вдвічі тонші, ніж при використанні інших теплоізоляційних матеріалів. Безперервне заповнення, яке може бути досягнуто лише при безперервному виробництві з пінополіуретановим заповненням, дозволяє уникнути містків холоду, що характерно для використання інших заповнень при виробництві окремими блоками. Поліуретан стійкий до хімічних сполук, біологічної корозії, не руйнується гризунами та іншими шкідниками. [2].

У Європі існує чимало виробників, що спеціалізуються на виробництві всіх типів резервуарів, кожен з яких застосовує новітні технології та передові методи у виробництві. Однак все більша увага приділяється безпеці та практичності резервуарів. У Європі домінують такі виробники: Feldbinder, Stokota, Eurotank, L.A.G, Gmagyar, Vanhool, Parcisa та інші менші виробники.

					MR.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Резервуари складаються з багатьох конфігурацій та різноманітного обладнання. Нижче наведено конфігурацію харчового резервуара Feldinider TSA 26.3 - 1 LM. Такий резервуар може бути оснащений механічними нагрівачами для нагрівання деяких продуктів, щоб полегшити їх розвантаження.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд харчової цистерни
Feldinider TSA 26.3 - 1 LM [4]

Загальний склад харчових та хімічних цистерн не надто відрізняється, вони мають схожі системи розвантаження та завантаження, шасі та загальний зовнішній вигляд. Однак цистерни, призначені для перевезення нафтопродуктів, через свою продукцію та частіше завантаження та розвантаження мають складні пневматичні або пневмогідрравлічні системи завантаження та розвантаження.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3.1 Сталь AISI 321.

Для резервуарів, що виготовляються для харчової промисловості та нейтральних хімічних продуктів, найчастіше використовується нержавіюча сталь марки V2A або AISI 321. Така сталь характеризується високою стійкістю до вібрації та процесів втоми, а також добре зберігає свої властивості за високих температур.

Вона використовується в хімічній промисловості, харчовій промисловості, будівництві, виробництві деталей реактивних двигунів, зварювальному обладнанні та вихлопних трубах літаків [2].

Хімічний склад сталі AISI 321 наведено в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі AISI 321

Елемент	C, %	Fe, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	P, %	S, %	Si, %	Ti, %
Вміст	0,08	68	18	11	2	0,045	0,03	1	0,15

3.2 Сталь AISI 316 Ti.

Для резервуарів, виготовлених для небезпечних хімічних продуктів, найчастіше використовується нержавіюча сталь марки V4A або AISI 316 Ti. Така сталь характеризується високою повзучістю, кращою температурною ізоляцією. Вона особливо підходить для процесів, де використовуються різні хімічні речовини, завдяки своїй властивості не поглинати хімічні продукти.

Використовується в хімічній промисловості, харчовій промисловості, будівництві та навіть використовується в хірургії.

Хімічний склад AISI 316 Ti наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сталі AISI 316 Ti

Елемент	C, %	Fe, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	Mo, %	Ti, %	P, %	S, %	Si, %
Вміст	0,08	62	18	14	2	3	0,4	0,045	0,05	1



Рисунок 3.2 – Вид зсередини автоцистерни

3.3 Алюмінієвий сплав Xtral 728 або 5754.

Xtral 728 – це високоякісний алюмінієвий сплав нового покоління для виробництва автоцистерн для перевезення палива та нафтопродуктів. Це спеціальний сплав для перевезення вантажів ADR (виключно для перевезення дизельного палива, бензину, авіаційного палива та інших рідких палив). Він характеризується підвищеною міцністю, особливо хорошою гнучкістю та зварюваністю, а також високою стійкістю до корозії та високою якістю поверхні. Його головною особливістю є алюмінієвий сплав дуже високої чистоти [2].

Хімічний склад Xtral 728 або 5754 наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад Xtral 728 або 5754

Елемент	Si, %	Fe, %	Cu, %	Mn, %	Mg, %	Cr, %	Zn, %
Вміст	0,4	0,4	0,1	0,5	2,6-3,6	0,3	0,2

3.4 Сталь S480 або AISI 304.

BS-EN 10025-4:2004 – це термохімічно прокатана зварювана дрібнозерниста конструкційна сталь. ML – механічні характеристики (критична межа при поздовжньому навантаженні) за температури не нижче - 50°C.

Хімічний склад S460ML наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Хімічний склад сталі S460ML

Елемент	C, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	Mo, %	Ti, %	Cu, %	P, %	S, %	Nb, %	Si, %
Вміст	0,18	0,3	0,8	1,7	0,02	0,05	0,55	0,025	0,02	0,05	0,6

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ						Арк.
											41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

4 КОНСТРУКЦІЯ АВТОЦИСТЕРН ТА ЇХ НАДІЙНІСТЬ

4.1 Вплив вибору металу та довговічність цистерн.

Під час експлуатації конструкцій стало зрозуміло, що з часом у матеріалах виникають пошкодження, що спричиняє руйнування конструкції. Ці пошкодження накопичуються поступово та залежать від властивостей матеріалів, розміру, характеру зміни напружень з часом, деформації та умов навколишнього середовища. Ці пошкодження спочатку починаються в мікроб'ємних кристалах та між кристалами, лише пізніше перетворюються на макропошкодження - великі тріщини, які остаточно руйнують тіла.

Під час механічної роботи спостерігається, що 75% конструкцій руйнуються через втому матеріалу.

Це особливо небезпечно для конструкцій з великою кількістю вогнищ концентрації напружень - різкі зміни поперечних перерізів, скосів, отворів, виїмок тощо.

Напруження, що змінюються з часом, зазвичай не є регулярними, але при вивченні втоми в першу чергу досліджуються циклічні напруження. Параметри напружень, з якими ми стикаємося при змінному навантаженні, такі: цикл напружень – тривалість навантаження, протягом якої навантаження повертається до свого початкового положення за своєю величиною і часто називається періодом [5].

Багато інженерних конструкцій працюють за нормальних температурних умов, а матеріали не залежать від температури, тому їхні механічні властивості мало змінюються з часом. Однак механічні властивості конструкцій, що піддаються впливу високих температур, таких як електричні парогенератори, трубопровідні системи, конструкції надзвукових літаків та обладнання хімічної промисловості, змінюються з часом. Властивості пластичних (полімерних) матеріалів значно змінюються не лише зі збільшенням температури, але й за нормальних умов експлуатації. Таким чином, процес,

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли під постійними навантаженнями деформації змінюються з часом, називається повзучістю. Зазвичай повзучість металів стає очевидною за високих температур, тоді як еластичність високоеластичних полімерів (композитів) очевидна навіть за кімнатної температури. Повзучість металів починає проявлятися при $0,3 T_m$ (температура плавлення T_m) і стає дуже вираженою при $0,5 T_m$. [5].



1- межа міцності, 2– напруження руйнування; 3– межа текучості; 4– межа пружності

Рисунок 4.1 – Діаграма розтягу пластичних матеріалів

Як видно з кривої, збільшення деформації повзучості з часом залежить від величини напружень. Початкова стадія, при різних рівнях напружень, є стадією швидкого зростання деформації. Пізніше повзучість залишається постійною, і ця стадія триває довше при низьких напруженнях і коротше при високих. Третя стадія знову є стадією швидкого зростання повзучості. Криві повзучості дуже схожі на криві втомного руйнування. При різних температурах отримують різні сімейства кривих.

Нижче наведено автоцистерну Eurotank 1996 року випуску, яка перевозила авіаційне паливо (JET A-1). Під час планового огляду на рамі автоцистерни

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

було виявлено тріщину. Під час більш детального огляду було виявлено значно більше тріщин. Вся рама автоцистерни виготовлена з алюмінієвого сплаву та має багато зварних швів. Тріщини з'явилися в тих місцях, де конструкція цистерни кріпиться болтами до конструкції напівпричепа. Можна зробити попередній висновок, що такі пошкодження виникли через тривалу експлуатацію (20 років). Протягом такого тривалого періоду часу, як і для більшості конструкції показали ефект втоми.

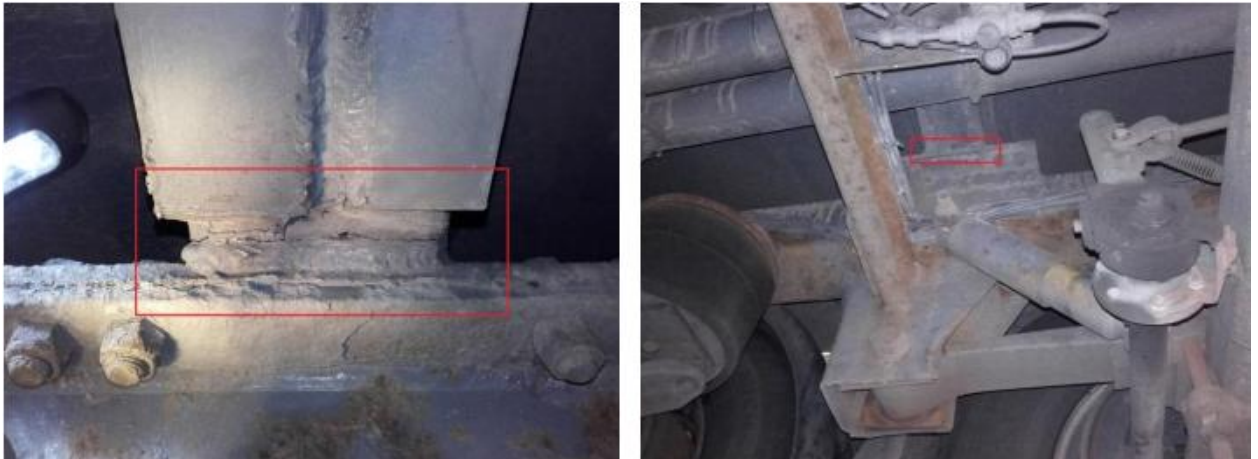


Рисунок 4.2 – Втомні тріщини на рамі автоцистерни

Для зменшення втомного впливу на опори цистерни часто застосовують хвилерізи.

Хвилерізи в цистернах — це спеціальні перегородки, які встановлюються всередині ємностей для перевезення рідин, зокрема в автоцистернах і наливному транспорті. Їхнє основне призначення – гасити коливання рідини, запобігаючи небезпечному розгойдуванню, що може призвести до гідравлічних ударів та втрати стійкості транспортного засобу.

Гасіння інерції: Під час руху, гальмування чи поворотів рідина в цистерні має інерцію, що спричиняє рух її маси в одному напрямку. Цей рух може створити "хвилю", яка б'ється об стінки цистерни, переміщуючи центр ваги та створюючи сильний гідроудар.

Розбиття маси рідини: Хвилерізи, поділяючи внутрішній об'єм цистерни на менші секції, розбивають загальну масу рідини. Замість однієї великої хвилі утворюються менші, які не мають такої руйнівної сили.

Зменшення коливань: Наявність отворів у хвилерізах дозволяє рідині вільно перетікати між секціями, але водночас перешкоджає її швидкому й масованому руху, ефективно гасячи коливання та зменшуючи розгойдування.

Підвищення безпеки: Запобігають перекиданню цистерни, особливо під час різких маневрів або екстреного гальмування.

Захист цистерни: Зменшують ризик пошкодження стінок цистерни від гідроударів, які можуть виникнути, коли маса рідини б'ється об внутрішню поверхню.

Стабілізація руху: Забезпечують більш стабільне й безпечне перевезення вантажу, знижуючи ризик аварій.

Зазвичай хвилерізи являють собою пластини, які вварюються або прикріплюються всередині цистерни.

Для перевезення особливо щільних рідин можуть застосовуватись потовщені хвилерізи з міцним кріпленням.

Їхня конструкція часто оптимізується для легкого проходу між секціями та зручності очищення цистерни.

Кожен хвилеріз виготовлений з високоякісного алюмінію 2400x250x10. Один хвилеріз має площу $\sim 1,14 \text{ м}^2$, а його вага $\sim 33,5 \text{ кг}$ (10050 грн). Всього для п'яти хвилерізів знадобиться $\sim 5,7 \text{ м}^2$, а їхня вага становитиме $\sim 167,5 \text{ кг}$. Роздрібна ціна високоякісного алюмінію, придатного для такої експлуатації, становить $\sim 300 \text{ грн/кг}$. Якщо припустити, що під час виготовлення хвилерізів будуть зроблені розрізи та до кількості алюмінію додається 5% запас. Всього 6 м^2 , знадобиться $175,8 \text{ кг}$, а його ціна становитиме 52740 грн.

Другий хвилеріз являє собою складну конструкцію, що складається з п'яти різних елементів, прикріплених болтами до конструкції, що вже знаходиться в резервуарі.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

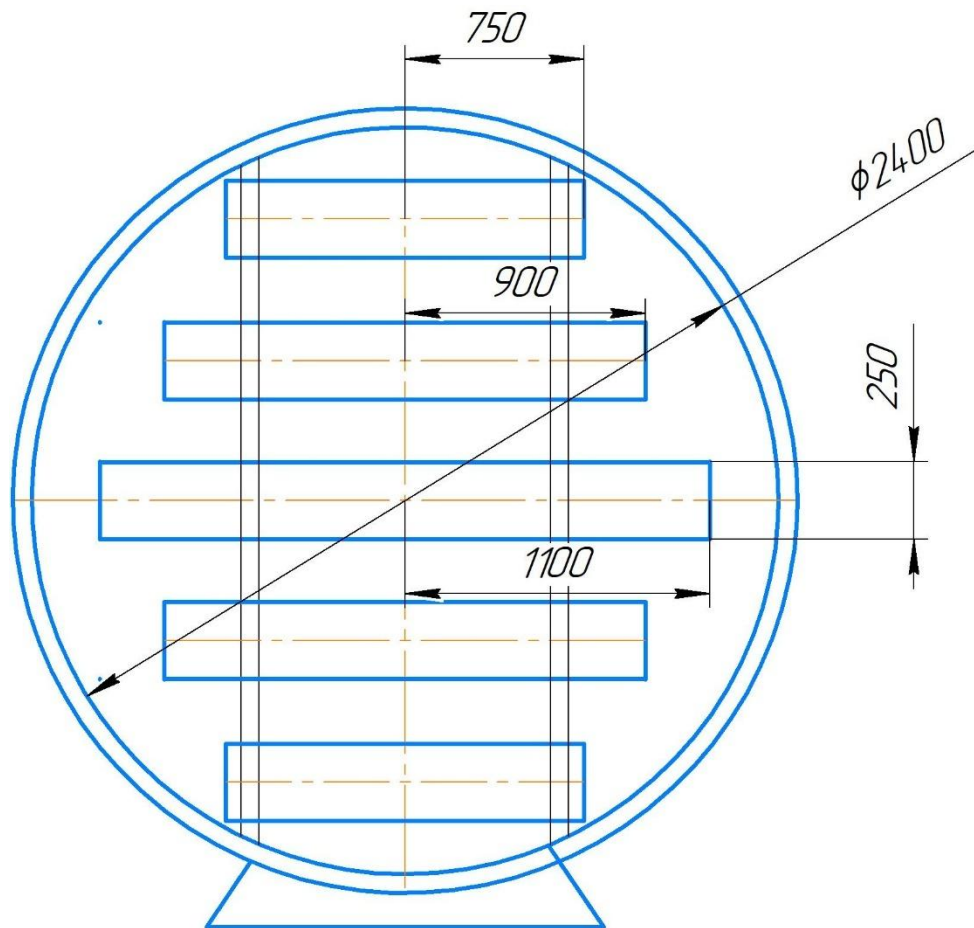


Рисунок 4.4 – Складна конструкція хвилерізу для автоцистерни

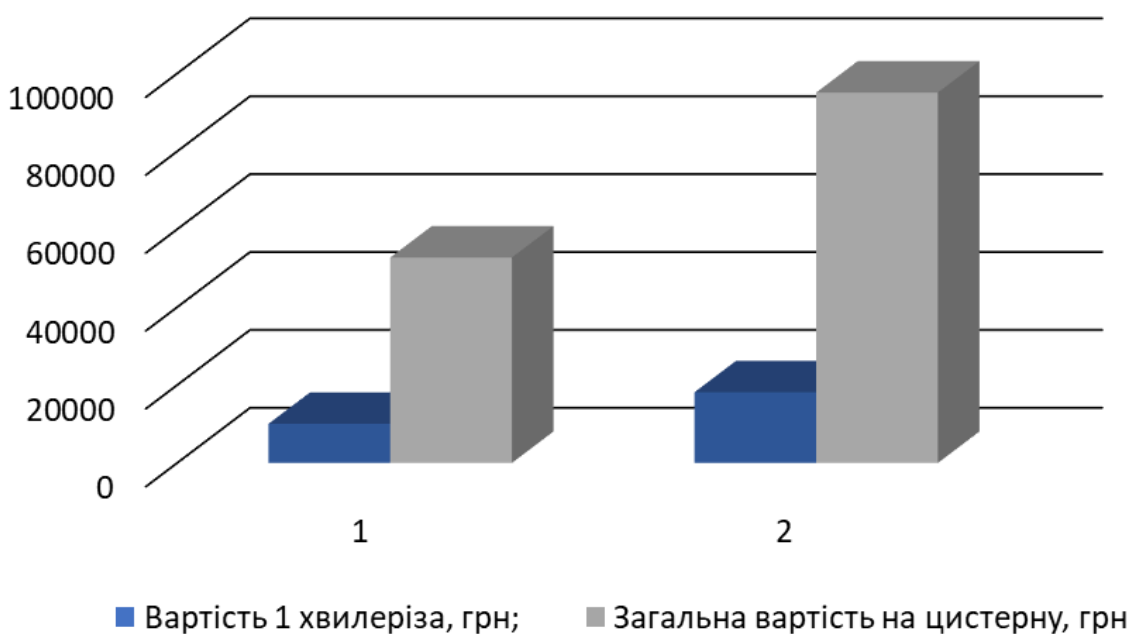


Рисунок 4.5 – Оцінка вартості хвилерізів для автоцистерни різної конструкції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З рис. 4.5 видно, що хвилеріз другого номера коштує в 1,8 рази дорожче.

Вища ціна в цьому випадку визначає кращу експлуатацію та термін служби. Цей хвилеріз вимагає більше металу, а його кріплення складається з болтових з'єднань, які покривають 5 % від загальної суми, що становить 5600 грн.

З економічної точки зору вигідніше використовувати перший варіант, але другий варіант набагато міцніший та довговічніший. Тому в цьому випадку якість перемагає ціну.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТІЙКІСТЬ

5.1 Розрахунок центру мас автоцистерни.

Центр ваги розгляданого нами транспорту буде розраховуватися в три етапи - при повному завантаженні 100% об'єму дизельного палива, при частковому завантаженні 75% об'єму та при завантаженні 50% об'єму. Такі моделі заповнення цистерни були обрані не випадково, оскільки при 100% заповненні продукт практично не має можливості рухатися, тому хвилерізи всередині не навантажуються, а цистерна і тягач можуть їхати рівномірніше. При 50% теоретично рухома рідина повинна викликати найбільший ефект, оскільки сила, створювана рідиною з об'ємом, заповненим менше 50%, повинна зменшуватися. Також нами буде розглянуто випадок 75% заповнення. Для розрахунків використовується спрощена стандартна модель, враховуючи той факт, що вага цистерни і автомобілів може відрізнитися, і оптимальні розміри та вага підбираються за розмірами.

Теоретично ми припускаємо, що власна вага тягача становить 8300 кг, вага цистерни – 10000 кг, а максимальна вага навантаження – 29000 кг. Отже, загальна вага на осях тягача та цистерни становить 39000 кг. Вона розподіляється наступним чином: 27000 кг на три осі цистерни та 12000 кг на п'ятиколісний зчпний пристрій тягача.

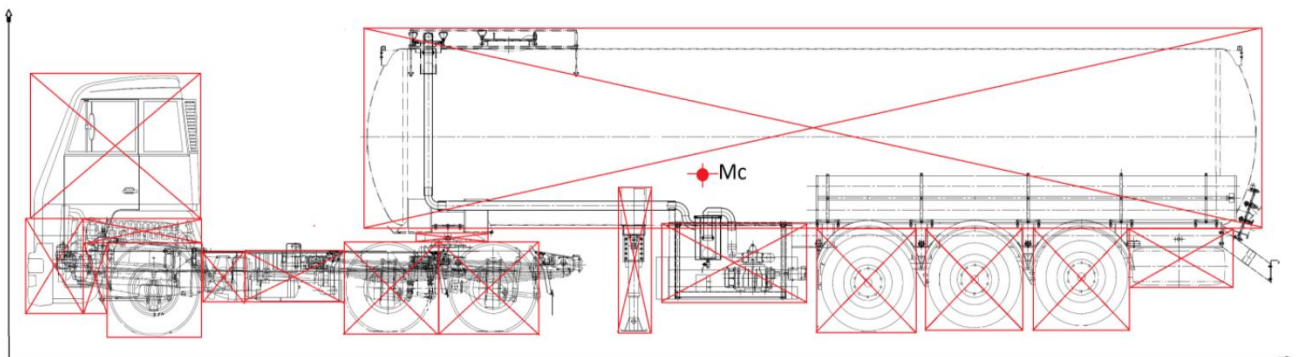


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема визначення центру мас автоцистерни з тягачем

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	

Нижче наведено схематичні моделі 4 варіантів з розрахунками центру мас та їх приблизним розташуванням на діаграмі.

Для розрахунку центру мас (або центра ваги) системи матеріальних точок в Ехсел використовується формула, що базується на зваженому середньому арифметичному.

Формула центру мас центр мас системи точок з масами m_i та координатами (x_i, y_i) має координати (X_c, Y_c) , які розраховуються так:

$$X_c = \frac{\sum (m_i \cdot x_i)}{\sum m_i},$$

$$Y_c = \frac{\sum (m_i \cdot y_i)}{\sum m_i}$$

Результати розрахунків центру мас автоцистерни наведено в табл. 5.1-5.4.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 100 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Сійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	29000	9400	1880	272600000	54520000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	40650			327708000	62604000
Координати центру мас, мм				8061,70	1540,07

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 75 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Стійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	21750	9400	1880	204450000	40890000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	33400			259558000	48974000
Координати центру мас, мм				7771,20	1466,29

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 50 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Стійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	14500	9400	1880	136300000	27260000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	26150			191408000	35344000
Координати центру мас, мм				7319,62	1351,59

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 25 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Сійки напівпричепи	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	7250	9400	1880	68150000	13630000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	18900			123258000	21714000
Координати центру мас, мм				6521,59	1148,89

За результатами розрахунків нами побудовано графічну залежність зміни центру мас автоцистерни за її завантаження від 100 до 25 % (рис. 5.2).

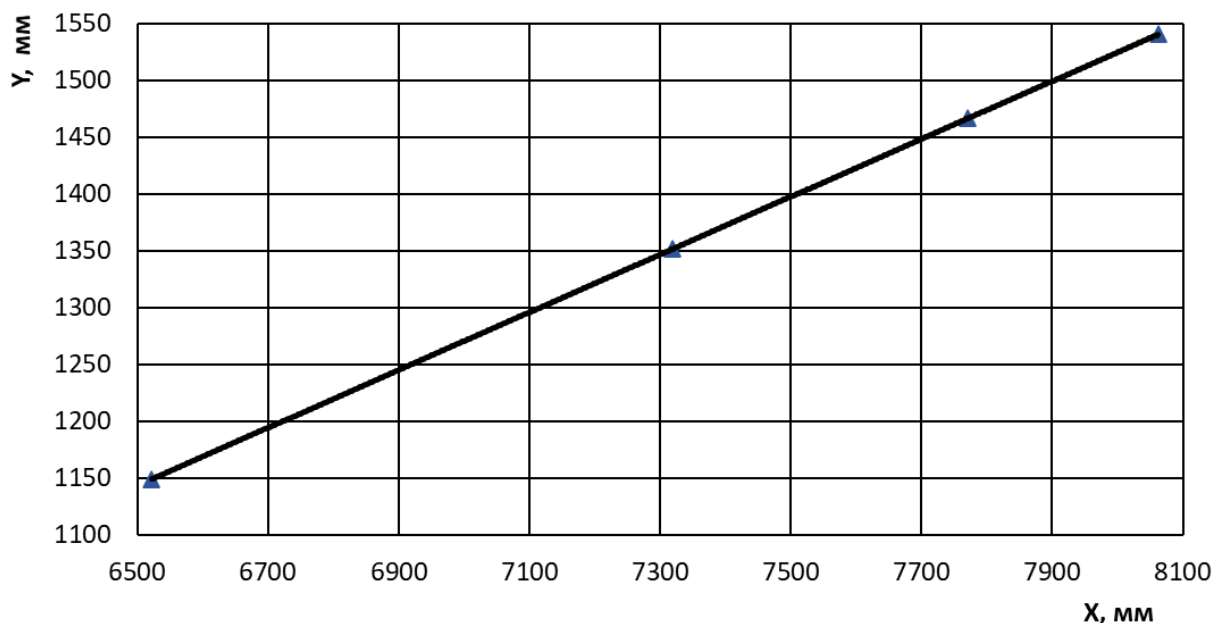


Рисунок 5.2 – Залежність зміни центру мас автоцистерни від ступеня завантаження

Як видно з рис. 5.2 за зниження рівня завантаження від 100 до 25 % відбувається зменшення рівня центру ваги від 1540,07 мм до 1148,89 мм. При цьому центр мас переміщується в сторону кабіни з відстані 8061,7 мм до відстані 6521,59 мм. По ідеї ці фактори мали би підвищити стійкість цистерни на перекидання, але збільшення вільного простору для рідини призводить до її переміщення в напрямок протилежний повороту і цим самим підсилює відцентрову сил перекидання.

В цілому згідно ДОПНВ автоцистерни що не обладнані хвилезаспокоювачами і об'ємом понад 7500 л допускається завантажувати до 20 % або понад 80 %.

5.2 Рух тягача з напівпричепом у повороті та гальмування.

Для важких транспортних засобів сили, що розвивається лише ногою водія, недостатньо для гальмування, тому механічна система передачі повинна її збільшувати. Таким чином, для колісних гальмівних систем використовується додаткова пневматична система з резервуарами стисненого повітря. Водій керує лише процесом гальмування, необхідна гальмівна сила отримується за допомогою стисненого повітря, яке подається від компресора, що приводиться в рух двигуном внутрішнього згорання. Найчастіше використовується двоконтурна гальмівна система. Гальмівна сила напівпричепа залежить від ваги вантажу, що перевозиться.

У цьому розділі розглядається, як рухається вантаж у напівпричепі під час гальмування та під час руху з тією ж швидкістю у повороті.

У попередньому розділі центри ваги були визначені для повного бака при 100%, 75%, 50% та 25% завантаження.

Автомобіль піддається дії відцентрової сили під час повороту:

$$P_{від.} = m_a \cdot \frac{v_a^2}{R},$$

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

де m_a – маса транспортного засобу (у цьому випадку тягача та напівпричепа з вантажем), кг;

v_a – швидкість транспортного засобу, м/с;

R – радіус повороту, м.

Відцентрова сила, що діє на транспортний засіб під час повороту – $P_{від.}$, розраховується за різних швидкостей та радіусів повороту транспортного засобу.

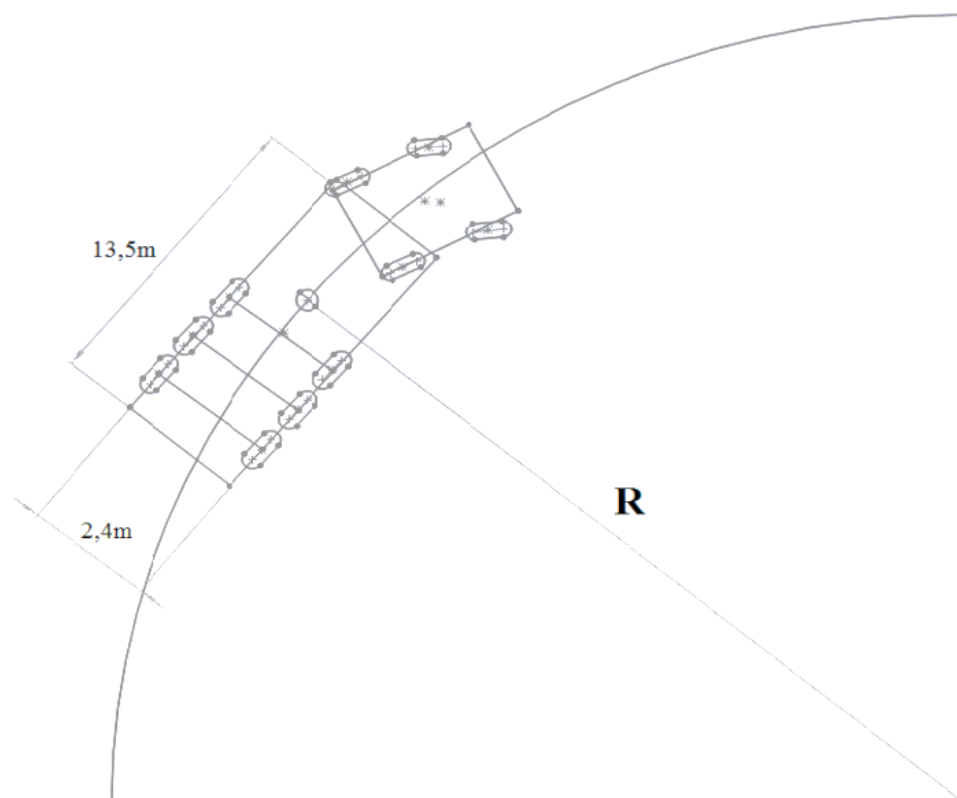


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема здійснення повороту автоцистерною

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ

Арк.

54

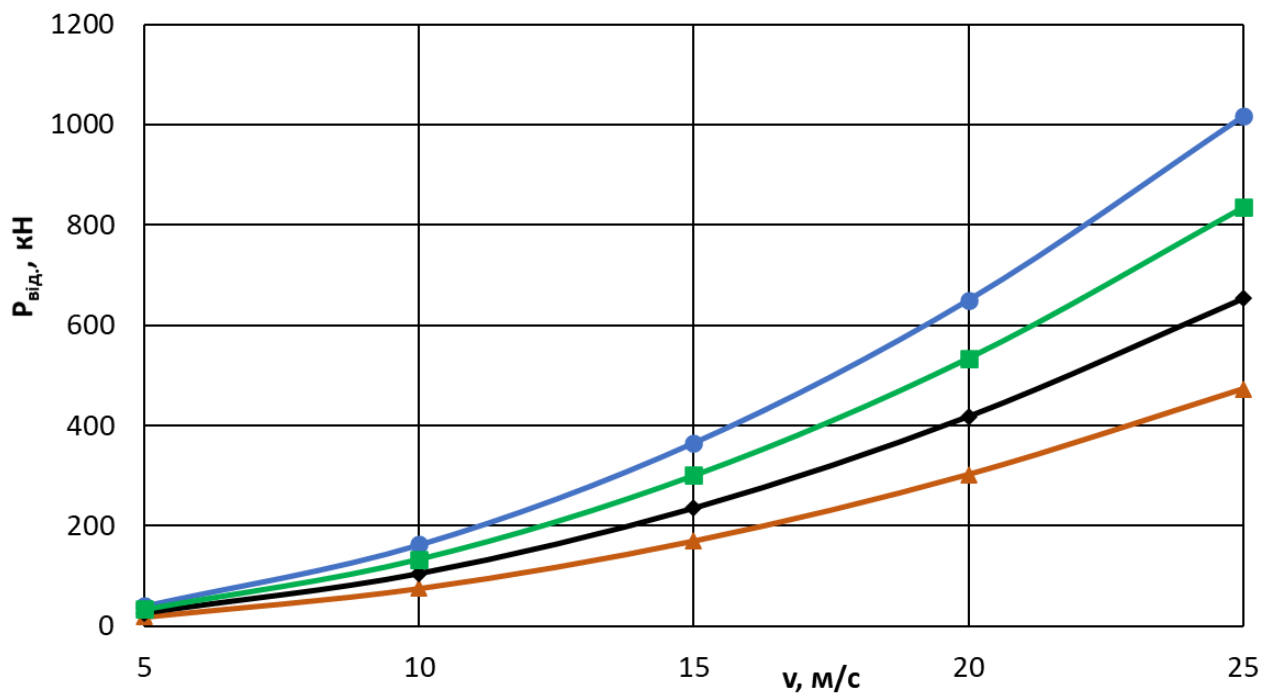


Рисунок 5.4 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 25 м

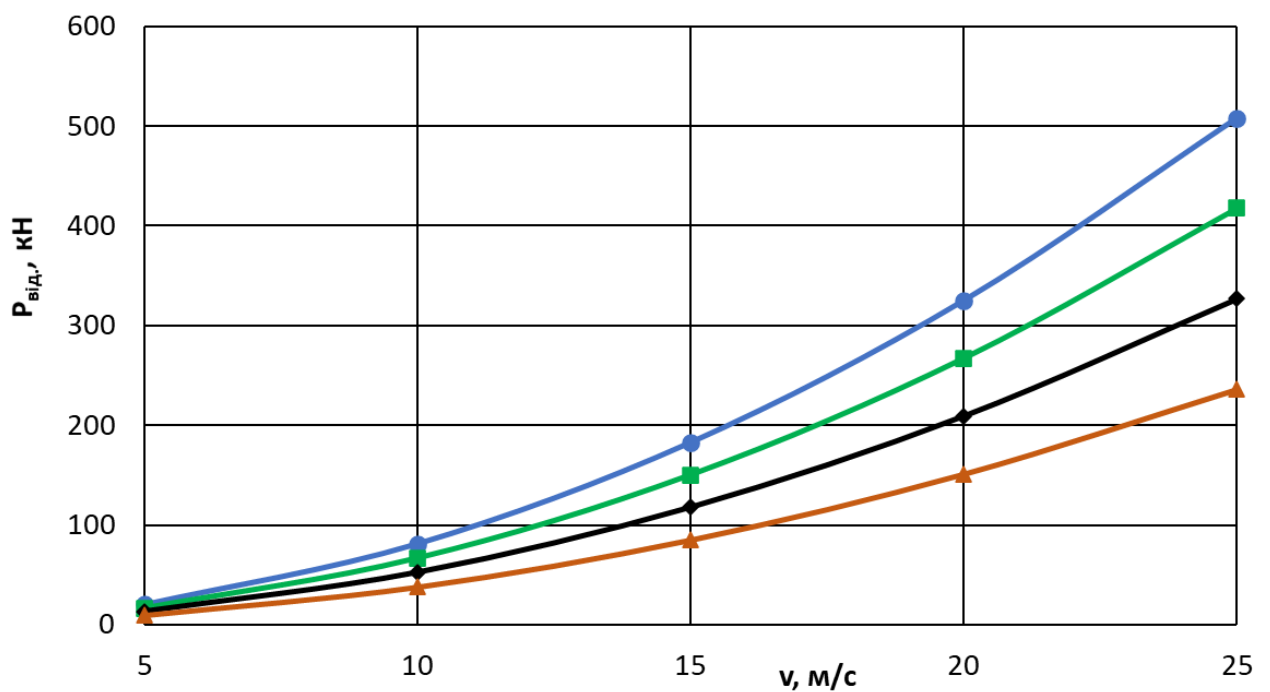


Рисунок 5.5 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 50 м

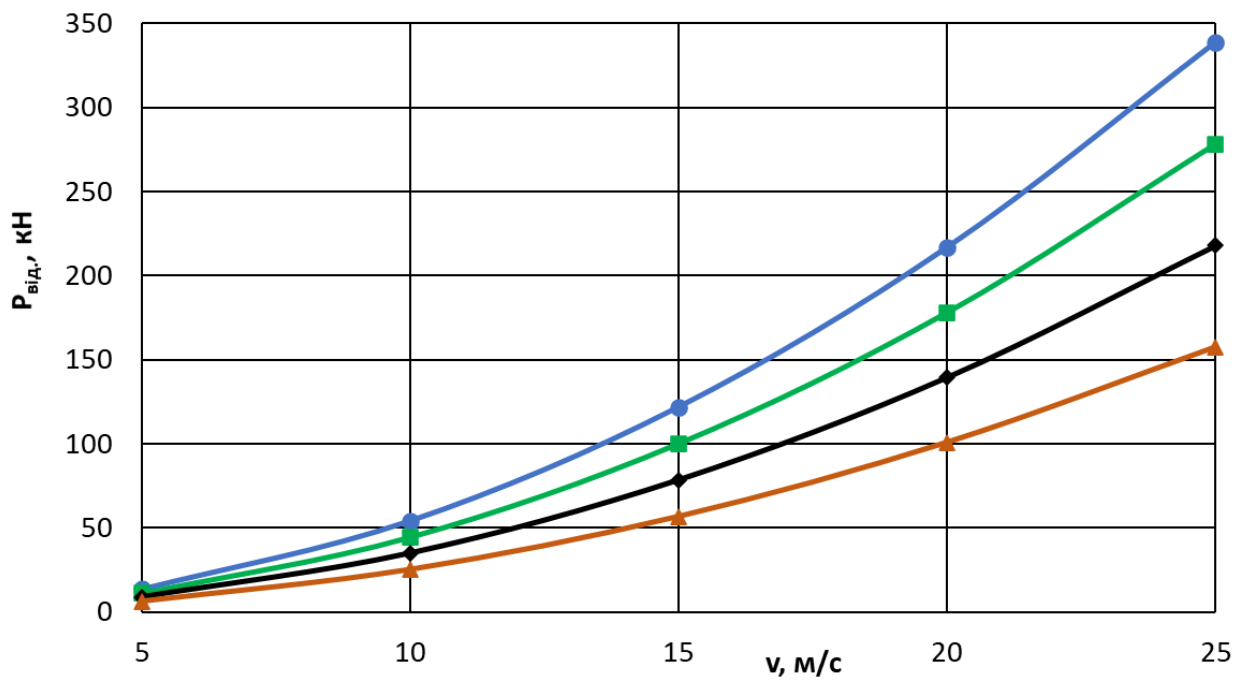


Рисунок 5.6 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 75 м

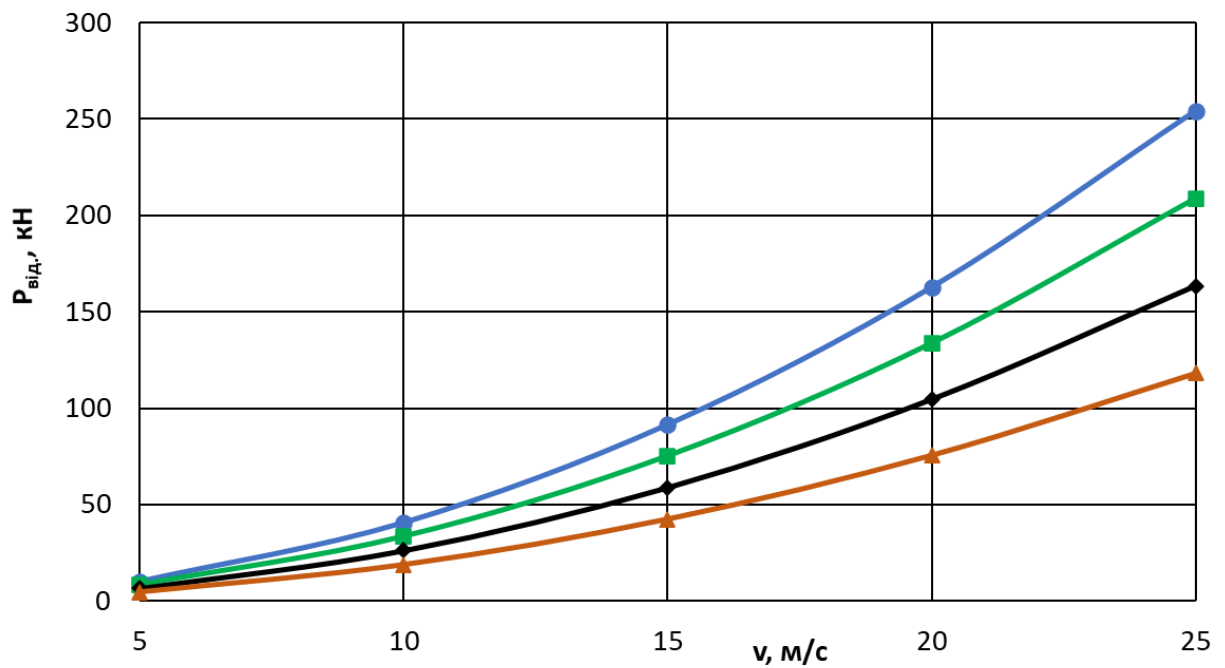


Рисунок 5.7 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 100 м

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З графіків рис. 5.4-5.7 видно, що найвищі відцентрові сили отримуються при найменшому радіусі повороту та найвищій швидкості, коли автомобіль повністю завантажений, тобто його маса з вантажем становить 40650 кг. Його відцентрова сила досягає цілих 1016,3 кН при швидкості 25 м/с. У повністю завантаженій автоцистерні його центр мас знаходиться в найвищій точці, тому ми отримуємо такі високі відцентрові сили.

Отже, під час руху в невеликому повороті на високій швидкості існує ймовірність перекидання автомобіля, оскільки центр мас вантажівки розташований досить високо.

Розглянемо, якою може бути максимальна безпечна швидкість при подоланні вищезгаданих поворотів. Виконаємо розрахунки стійкості в повороті.

Максимальна безпечна швидкість розраховується за формулою:

$$v_{\max} = S \cdot g \cdot R,$$

де $S=\phi$ – стан дорожнього покриття;

R – радіус повороту;

g – прискорення вільного падіння.

Такі розрахунки стійкості є радше теоретичними, оскільки стійкість необхідно оцінювати не лише знаючи стан дорожнього покриття.

При зміні стану дорожнього покриття максимальну безпечну швидкість руху можна розрахувати за першою та другою умовами, залежно від ϕ . Для сухого асфальту $\phi = 0,8$, для мокрого асфальту $\phi = 0,5$, для обмерзлого асфальту $\phi = 0,2$.

Рух у поворотах з високим центром мас викликає багато проблем, оскільки цистерна може бути повністю або частково завантажена, тому висота центру мас може змінюватися. Зі зміною висоти центру мас змінюється і максимальна швидкість, з якою можна подолати повороти.

Можна стверджувати, що розглянутий вище приклад, коли радіус повороту досягає 100 м, теоретично можна подолати з високою швидкістю,

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

оскільки поворот дуже довгий і нерівний, але при здійсненні такого повороту діють довготривалі сили тиску виробу на стінки цистерни.

Однак, наведені нижче дані стосуються радіусів повороту в діапазоні від 2 м до 14 м. Це круті повороти з дуже малими радіусами, тому швидкість, з якою вантажівка виконуватиме цей поворот, має першорядне значення.

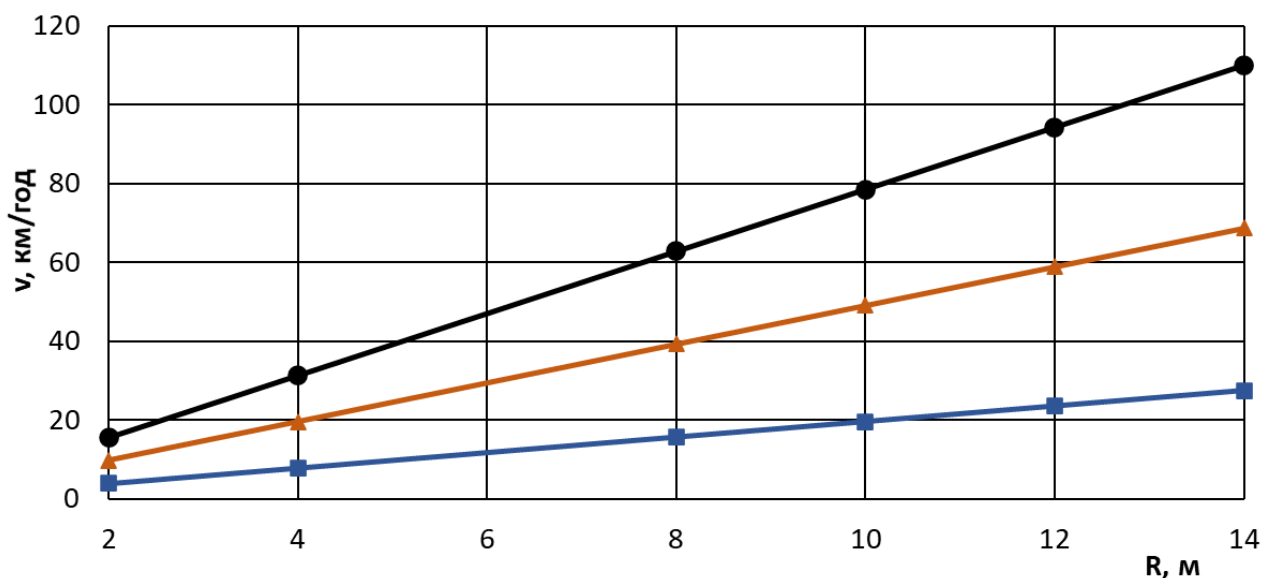


Рисунок 5.8 – Залежність максимальної безпечної швидкості від радіуса повороту при зростанні коефіцієнта зчеплення від 0,2 до 0,8

Отже, як видно з рис. 5.8 при $\varphi = 0,8$ із зростанням радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни зростає з 15,7 до 109,9 км/год, при $\varphi = 0,5$ максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни зростає з 9,8 до 68,7 км/год, а при $\varphi = 0,2$ за зміни радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни змінюється в діапазоні з 3,9 до 27,5 км/год.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів автомобільними цистернами в умовах ПП «Truck-Lider» мною здійснено дослідження літературних джерел у сфері перевезення небезпечних вантажів автомобільними цистернами, досліджено їх будову та особливості застосування, оглянуто основні матеріали для виготовлення цистерн, надано їх характеристику та вплив на довговічність цистерн.

Метою цієї роботи було з'ясувати, чи може вантаж у частково заповненому резервуарі для рідких вантажів негативно впливати стійкість цистерни.

Під час постійного гальмування та розгону в частково заповненому резервуарі вантаж починає рухатися, кожного разу вдаряючись об стінки або хвилерізи з певною силою. Результати, отримані при розрахунку економічної вигоди, показують, що дешевшим варіантом є хвилеріз № 1, оскільки має простішу структуру та не потребує спеціальних кріпильних елементів.

Ціна хвилерізу № 1 становить 10050 грн, а хвилерізу № 2 – 18150 грн, а отже, хвилеріз № 2 у 1,8 рази дорожчий.

Як видно з результатів дослідження за зниження рівня завантаження від 100 до 25 % відбувається зменшення рівня центру ваги від 1540,07 мм до 1148,89 мм. При цьому центр мас переміщується в сторону кабіни з відстані 8061,7 мм до відстані 6521,59 мм. По ідеї ці фактори мали би підвищити стійкість цистерни на перекидання, але збільшення вільного простору для рідини призводить до її переміщення в напрямок протилежний повороту і цим самим підсилює відцентрову сил перекидання.

В цілому згідно ДОПНВ автоцистерни що не обладнані хвилезаспокоювачами і об'ємом понад 7500 л допускається завантажувати до 20 % або понад 80 %.

Нами встановлено, що найвищі відцентрові сили отримуються при найменшому радіусі повороту та найвищій швидкості, коли автомобіль

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повністю завантажений, тобто його маса з вантажем становить 40650 кг. Його відцентрова сила досягає цілих 1016,3 кН при швидкості 25 м/с. У повністю завантаженій автоцистерні його центр мас знаходиться в найвищій точці, тому ми отримуємо такі високі відцентрові сили.

Отже, під час руху в невеликому повороті на високій швидкості існує ймовірність перекидання автомобіля, оскільки центр мас вантажівки розташований досить високо.

Рух у поворотах з високим центром мас викликає багато проблем, оскільки цистерна може бути повністю або частково завантажена, тому висота центру мас може змінюватися. Зі зміною висоти центру мас змінюється і максимальна швидкість, з якою можна подолати повороти.

Можна стверджувати, що розглянутий вище приклад, коли радіус повороту досягає 100 м, теоретично можна подолати з високою швидкістю, оскільки поворот дуже довгий і нерівний, але при здійсненні такого повороту діють довготривалі сили тиску виробу на стінки цистерни.

Ми також здійснили розрахунок максимально безпечної швидкості руху автоцистерни для радіусів повороту в діапазоні від 2 м до 14 м та при значеннях коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою для сухого асфальту $\varphi = 0,8$ для мокрого асфальту $\varphi = 0,5$ для обмерзлого асфальту $\varphi = 0,2$.

За результатами розрахунків при $\varphi = 0,8$ із зростанням радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни зростає з 15,7 до 109,9 км/год.

При $\varphi = 0,5$ за зміни радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни зростає з 9,8 до 68,7 км/год.

В результаті розрахунків, при $\varphi = 0,2$ за зміни радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни змінюється в діапазоні з 3,9 до 27,5 км/год.

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Європейська угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів. Том 1. – Нью-Йорк, Женева, 2023. – 742 с.
2. Європейська угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів. Том 2. – Нью-Йорк, Женева, 2023. – 738 с.
3. Ренамакс груп. Аналіз моделей напівпричепів. URL: <https://www.renamax.city/> (дата звернення: 28.10.2025).
4. Futokomis Renemax. Огляд автоцистерни. URL: <https://autokomis.in.ua/> (дата звернення: 28.10.2025).
5. Козак Ф. В., Козак Л. Ю., Мельник В. М. Комплексна механізація і основи розрахунку технологічного устаткування: навчальний посібник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013.– 128 с.
6. GOURUNG Yan ir Subhash RAKHEJA. Fluid Structure Interaction Induced by Liquid Slosh in Partly Filled Road Tankers. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol:4, No:10, 2010.
7. Зеркалов Д.В. Нормативно-правова основа вантажних перевезень / Д.В. Зеркалов, О.Я. Коцюк – К.: Науковий світ, 2001. – 64 с.
8. Зеркалов Д.В. Транспортне страхування. Довідник / Д.В. Зеркалов, В.А. Доманський. – К.: Основа, 2004. – 568 с.
9. Левковець П.Р. Управління автомобільним транспортом. Навчальний посібник / П.Р. Левковець, Д.В. Зеркалов, О.І. Мельниченко, О.Г. Казаченко. – К.: Арістей, 2006. – 416 с.
10. Левковець П.Р. Перевезення небезпечних вантажів. Навчальний посібник / П.Р. Левковець, О.І. Мельниченко, Д.В. Зеркалов -К.: Арістей: 2005. – 268 с.
11. Яцківський Л.Ю. Загальний курс транспорту: Навчальний посібник / Л.Ю. Яцківський, Д.В. Зеркалов – К.: Арістей, 2007. – 544 с.

					МР.АТ-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

12. Кальченко В. І. Історія спеціалізованого автомобільного транспорту – Автомобіліцистерни для перевезення: рідини, сипучих вантажів, розчинів та зріджених газів. – Вип. 3, ч. 1. – Автомобілі-цистерни: навч. посібник / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, Г. В. Пасов. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 308 с.

13. Кашканов А. А., Ребедайло В. М. К 31 Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 164 с.

14. Luikens Jim, Hedberg Mary. Standard Catalog Of Mercedes-Benz. – Krause Publications, 2009. – 224 p.

15. Guidelines on Maximum Weights and Dimensions of Mechanically Propelled Vehicles and Trailers – URL: [http://www.rsa.ie/en/RSA/Your-Vehicle/Vehicle-Standards/Weights— Dimensions-/](http://www.rsa.ie/en/RSA/Your-Vehicle/Vehicle-Standards/Weights—Dimensions/) (дата звернення: 15.01.2023).

16. Зінько Р. В. Основи конструктивного синтезу та динаміка спеціальних автомобілів і технологічних машин: монографія / Р. В. Зінько, Л. В. Крайник, О. З. Горбай. – Львів: Вид-во «ЛП», 2019. – 344 с.

17. Вікович І. А. Зниження динамічних навантажень у вантажних колісних машинах із пружно- демпфувальним зчленуванням: монографія / І. А. Вікович, Ю. М. Черевко, Р. В. Зінько. – Львів: Галицька Видавнича Спілка, 2018. – 166 с.

18. Чернобривко М. В. Напружено-деформований стан елементів конструкцій при високошвидкісних навантаженнях: Дис. ... д-ра техн. наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла. – Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України. – Харків, 2020. – 267 с.

19. Сахно В. П. До визначення стійкості руху автопоїзда з частково заповненою цистерною / В. П. Сахно, С. В. Цимба, Д. М. Попелиш // Вісник машинобудування та транспорту. – 2023 – № 1(17). – С. 138–146. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-138-146>.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Сахно В. П. До визначення гальмівних властивостей автопоїзда з частково заповненою цистерною. / В. П. Сахно, І. С. Мурований, В. М. Поляков, Д. М. Попелиш // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2023. – № 1 (20). – С. 228–238.

21. Сахно В. П. Автоматичне виявлення режиму гальмування автопоїзда з частково наповненою цистерною / В. П. Сахно, Д. М. Попелиш, С. М. Томчук // Науково-виробничий журнал Автошляховик України. – 2020. – № 4. – С. 33–39. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-33-39.

22. Сахно В. П. Огляд наукових досліджень щодо динамічного впливу рідини на рухомі резервуари, зокрема цистерни / В. П. Сахно, Д. М. Попелиш, С. М. Томчук // Науково-виробничий журнал Автошляховик України. – 2020. – № 3. – С.12–15. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-3-263-12-15.

23. Александров Є. Є. Стійкість та автоколювання електронної замкненої системи стабілізації курсу автомобіля з цистерною / Є. Є. Александров, Т. Є. Александрова, О. Л. Григор'єв, Я. Ю. Моргун // Вісник НТУ «ХП». Сер. «Математичне моделювання в техніці та технологіях». – 2020. – № 1. – С. 44–63. <https://doi.org/10.20998/2222-0631.2020.01.04>.

24. Xue-lian Zheng. Rollover stability analysis of tankvehicles based on the solution of liquidsloshing in partially filled tanks / Xue-lian Zheng, Hao Zhang, Yuan-yuan Ren, Ze-hong Wei and Xi-gang Song //Advances in Mechanical Engineering. – 2017. – Vol. 9(6). – P. 1–26. DOI: 10.1177/1687814017703894.

25. Tran Van Nhu. Rollover stability analysis ofliquid tank truck taking into account the road profiles / Tran Van Nhu, Nguyen Xuan Ngoc, Vu Van Tan, Dang Tien Phuc // Journal of Applied Engineering Science . – 2022. – Vol. 20. – Br. 4. – Str. 1133-1142. DOI: 10.5937/jaes0-36578.

26. Ширін Л. Н. Транспортування нафти, нафтопродуктів і газу: навч. посібник / Л. Н. Ширін, О. В. Денищенко, С. Є. Барташевський, Є. А. Коровяка, В. О. Расцветаев. – Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 203 с.

					MP.AT-63.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Комплект ілюстративного матеріалу до захисту
магістерської роботи**

**студент групи АТм-24-1
Михайлюк Олег Іванович**

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ
ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМИ ЦИСТЕРНАМИ В
УМОВАХ ПП «TRUCK-LIDER»**

Науковий керівник: доц. Мельник В.М.

**Івано-франківськ
2025р.**

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1

Актуальність. Автомобільний транспорт є невід'ємною частиною економічної та соціальної інфраструктури України, пов'язаної з перевезенням пасажирів та вантажів автомобільним транспортом, тому наша країна є однією з найбільших країн з транзиту вантажів. Нашими дорогами перевозяться не тільки звичайні вантажі, але й небезпечні вантажі в тому числі рідини і газу. Перевезення рідин – це досить складний процес, який вимагає добрих навичок та практики. Під час перевезення рідких вантажів можна зіткнутися з багатьма проблемами. Одна з яких є те, як поводить ся рідкий вантаж у автоцистерні під час транспортування при русі на повороті або різкому гальмуванні. Тому метою цієї роботи є вивчення теорії, представленої в літературі з перевезення рідких небезпечних вантажів, їх розвитку та формування; правил перевезення небезпечних вантажів (ADR) та ін.

Завдання дослідження:

- розглянути специфіку та можливості перевезення рідких та насипних вантажів автомобільними цистернами;
- специфікація, вимоги та технічні характеристики ADR (Європейської угоди про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом);
- розглянути положення центру ваги під час транспортування повних та частково наповнених автомобільних цистерн;
- дослідити максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах при різних ступенях наповнення та коефіцієнтах зчеплення шин з дорожнім покриттям.

Об'єкт дослідження – автомобільні цистерни, матеріал виготовлення, експлуатаційні показники роботи.

Предмет дослідження – вплив матеріалу виготовлення та умов експлуатації автоцистерни на безпеку перевезення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

- 1) проаналізовано специфіку та можливості перевезення рідких та насипних вантажів автомобільними цистернами;
- 2) розглянуто специфікацію, вимоги та технічні характеристики ADR (Європейської угоди про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом);
- 3) досліджено зміну положення центру ваги під час транспортування повних та частково наповнених автомобільних цистерн;
- 4) досліджено максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах при різних ступенях наповнення та коефіцієнтах зчеплення шин з дорожнім покриттям.

Наукова новизна. Теоретично та експериментально досліджено вплив ступеню наповнення автоцистерн та коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям на максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах.

Методи дослідження. У роботі використано методи аналізу наукової та технічної інформації, теоретичні та експериментальні дослідження впливу ступеню наповнення автоцистерн та коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям на максимальну безпечну швидкість цистерни на поворотах.

Особистий внесок автора. У рамках роботи визначено основні завдання, обрано та освоєно методи їх виконання. Проведено підбір і аналіз літературних джерел, виконано аналіз і теоретичне обґрунтування отриманих даних. Зокрема, досліджено вплив рівня заповненості автоцистерн та коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям на максимально безпечну швидкість руху цистерни у поворотах. На основі проведеного дослідження узагальнено результати та сформульовано висновки.

ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ПРО ПП «TRUCK-LIDER»

Таблиця 1 – Склад автотранспорту ПП «Truck-Lider»

Марка автомобіля	Кількість, штук
Renault Premium	30
Renault Magnum	20
Напівпричіп Lamberet SAF SL-400	10
Напівпричіп Bodex	10
Всього	70

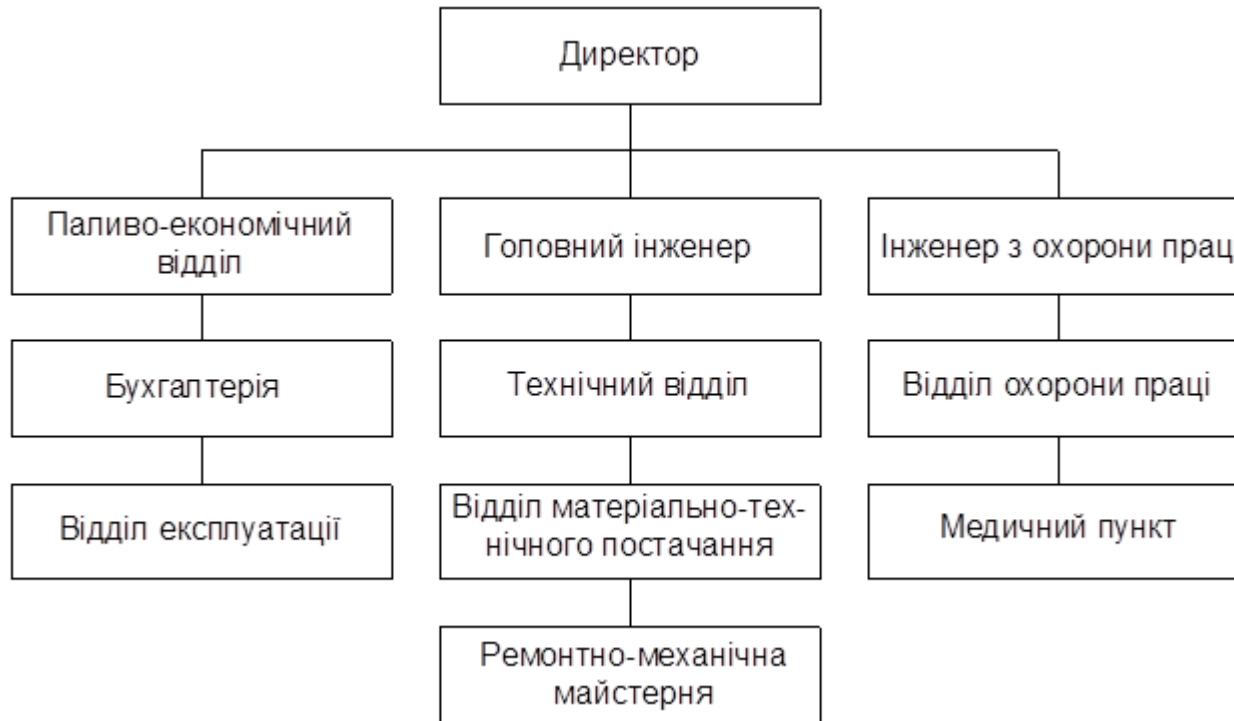


Рисунок 1.1 – Схема структури управління персоналом ПП «Трак-Лідер»

ОГЛЯД ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У СФЕРІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

4



Рисунок 2 – Напівпричіп для перевезення вантажів [3]



Рисунок 3 – Бортова шаланда для перевезення вантажів [3]



Рисунок 4 – Автомобільна цистерна для перевезення вантажів [3]



Рисунок 5 – Автомобільна цистерна для перевезення молока [3]

ВІДОМОСТІ ПРО ЦИСТЕРНИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

5



Рисунок 6 – Автомобільна цистерна для перевезення бензинів та дизельних палив [3]



Рисунок 7 – Обладнання для зливу нафтопродуктів [3]



Рисунок 8 – Обладнання для наливу нафтопродуктів [3]



Рисунок 9 – Обладнання для обліку об'єму нафтопродуктів [3]

ЦИСТЕРНИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ГАЗІВ



Рисунок 10 – Автомобільна цистерна для перевезення СПГ [3]



Рисунок 11 – Автомобільна цистерна для перевезення CO₂ [3]

МІЖНАРОДНЕ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ (ADR)

Правові акти, що регулюють сферу міжнародних перевезень небезпечних вантажів:

- 1) Угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ) з чинними додатками А та В до неї;
- 2) Міжнародна конвенція про безпечні контейнери (Женева, 1972 року) з поправками, опублікована Міжнародною морською організацією (ІМО);
- 3) Кодекс практики ІМО/МОТ/ЄЕК ООН з укладання вантажів у вантажні транспортні одиниці (Кодекс ВТО);
- 4) Рекомендації ООН з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила. (Нью-Йорк, 1956 року) з поправками, опубліковані Організацією Об'єднаних Націй;
- 5) Закон України «Про приєднання України до Європейської угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ)»;
- 6) Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»;
- 7) Закон України «Про дорожній рух»;
- 8) Порядок проведення спеціального навчання працівників суб'єктів перевезення небезпечних вантажів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 31 жовтня 2007 року № 1285;
- 9) Правила дорожнього руху, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року № 1306 та ін.

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЦИСТЕРН, ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА КОМПЛЕКТУВАННЯ



Рисунок 12 – Зовнішній вигляд харчової цистерни Feldinider TSA 26.3 - 1 LM [4]



Рисунок 13 – Вигляд автоцистерни із середини

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі AISI 321

Елемент	C, %	Fe, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	P, %	S, %	Si, %	Ti, %
Вміст	0,08	68	18	11	2	0,045	0,03	1	0,15

Таблиця 2 – Хімічний склад сталі AISI 316 Ti

Елемент	C, %	Fe, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	Mo, %	Ti, %	P, %	S, %	Si, %
Вміст	0,08	62	18	14	2	3	0,4	0,045	0,05	1

Таблиця 3 – Хімічний склад Xtral 728 або 5754

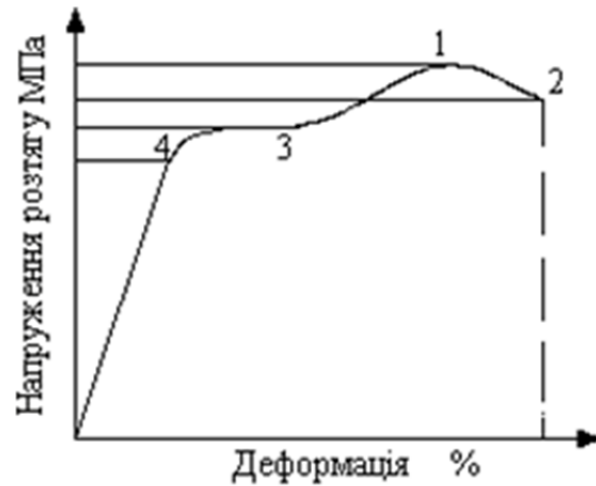
Елемент	Si, %	Fe, %	Cu, %	Mu, %	Mg, %	Cr, %	Zn, %
Вміст	0,4	0,4	0,1	0,5	2,6-3,6	0,3	0,2

Таблиця 4 – Хімічний склад сталі S460ML

Елемент	C, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	Mo, %	Ti, %	Cu, %	P, %	S, %	Nb, %	Si, %
Вміст	0,18	0,3	0,8	1,7	0,02	0,05	0,55	0,025	0,02	0,05	0,6

КОНСТРУКЦІЯ АВТОЦИСТЕРН ТА ЇХ НАДІЙНІСТЬ

9



1- межа міцності, 2– напруження руйнування; 3– межа текучості; 4– межа пружності

Рисунок 14 – Діаграма розтягу пластичних матеріалів

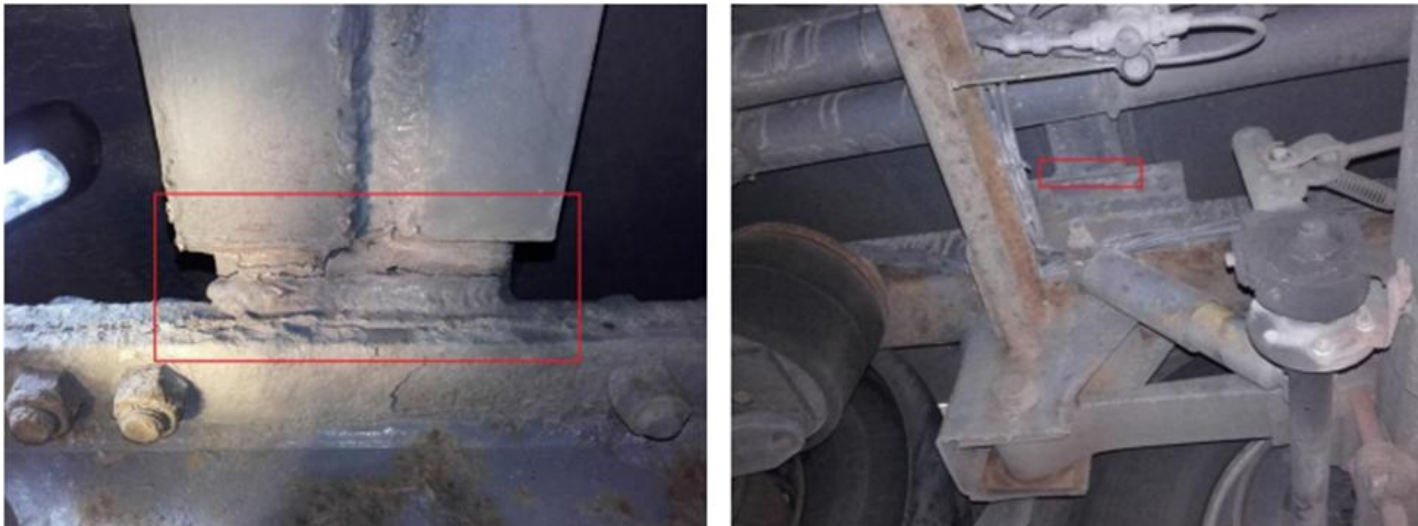


Рисунок 15 – Втомні тріщини на рамі автоцистерни

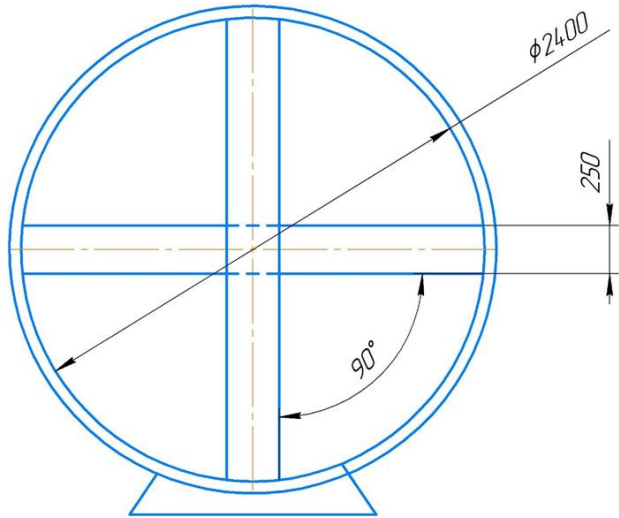


Рисунок 16 – Спрощена конструкція хвилерізу для автоцистерни

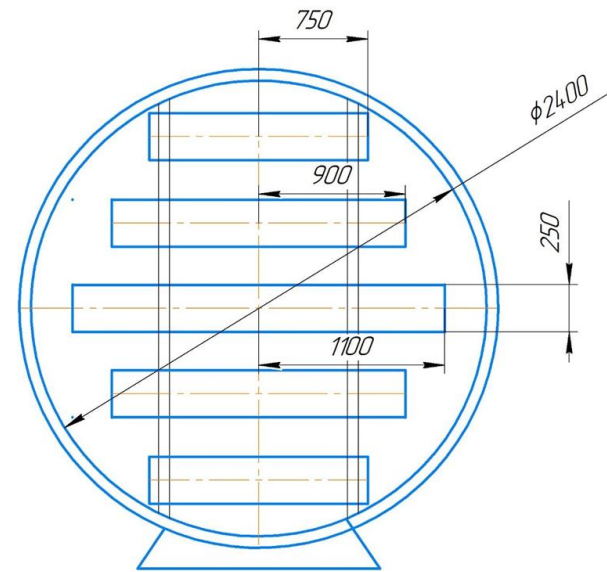


Рисунок 17 – Складна конструкція хвилерізу для автоцистерни

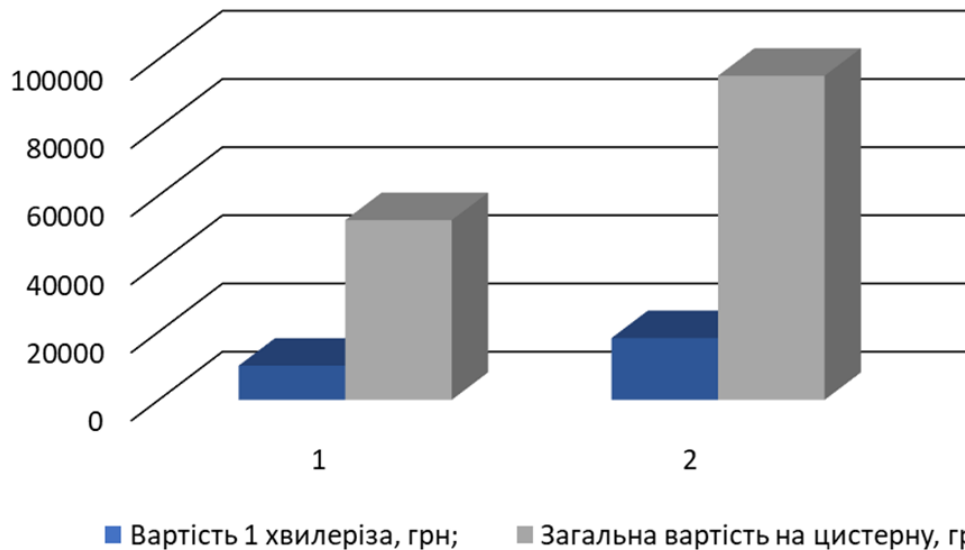


Рисунок 18 – Оцінка вартості хвилерізів для автоцистерни різної конструкції

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЬНИХ ЦИСТЕРН ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТІЙКІСТЬ

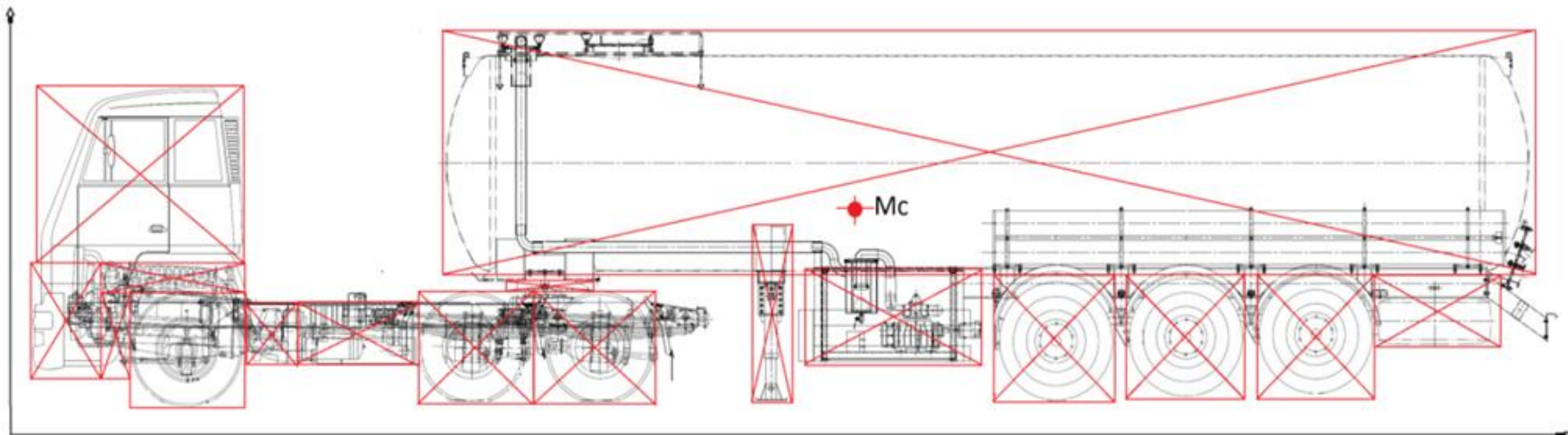


Рисунок 19 – Розрахункова схема визначення центру мас автоцистерни з тягачем

$$X_c = \frac{\sum (m_i \cdot x_i)}{\sum m_i} , \quad (1)$$

$$Y_c = \frac{\sum (m_i \cdot y_i)}{\sum m_i} . \quad (2)$$

Таблиця 5 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 100 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Стійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	29000	9400	1880	272600000	54520000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	40650			327708000	62604000
Координати центру мас, мм				8061,70	1540,07

Таблиця 6 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 75 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Стійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	21750	9400	1880	204450000	40890000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	33400			259558000	48974000
Координати центру мас, мм				7771,20	1466,29

Таблиця 7 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 50 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Стійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	14500	9400	1880	136300000	27260000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	26150			191408000	35344000
Координати центру мас, мм				7319,62	1351,59

Таблиця 5 – Результати розрахунку центру ваги автоцистерни при завантаженні 25 %

	Маса кг	X, мм	Y, мм	X _{цм} , мм	Y _{цм} , мм
1 Водій	100	1350	1880	135000	188000
2 Радіатор	100	300	640	30000	64000
3 Двигун	800	850	650	680000	520000
4 Коробка передач	600	2650	500	1590000	300000
5 Платформа	1100	1360	1850	1496000	2035000
6 Рама тягача	2300	2900	314	6670000	722200
7 Задня вісь і колеса	2200	4400	610	9680000	1342000
8 Передня вісь і колеса	900	1500	610	1350000	549000
9 Сідло	300	4300	1100	1290000	330000
10 Стійки напівпричепа	150	6700	650	1005000	97500
11 Паливний бак	940	6900	610	6486000	573400
12 Вісь 1	700	10400	629	7280000	440300
13 Вісь 2	700	11720	629	8204000	440300
14 Вісь 3	700	13040	629	9128000	440300
15 Цистерна з вантажем	7250	9400	1880	68150000	13630000
16 Запасне колесо	60	1400	700	84000	42000
Сума	18900			123258000	21714000
Координати центру мас, мм				6521,59	1148,89

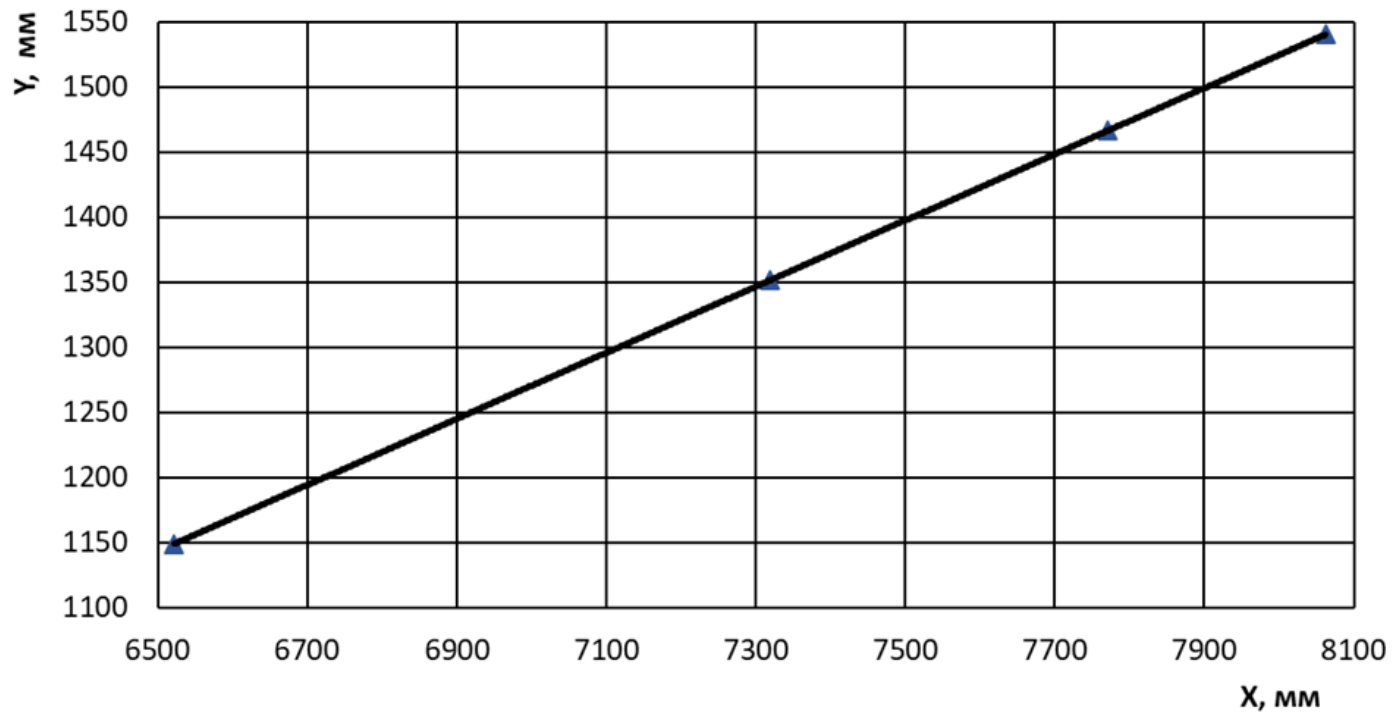


Рисунок 20 – Залежність зміни центру мас автоцистерни від ступеня завантаження

Автомобіль піддається дії відцентрової сили під час повороту:

$$P_{\text{від.}} = m_a \cdot \frac{v_a^2}{R}, \quad (3)$$

m_a – маса транспортного засобу (у цьому випадку тягача та напівпричепа з вантажем), кг;

v_a – швидкість транспортного засобу, м/с;

R – радіус повороту, м.

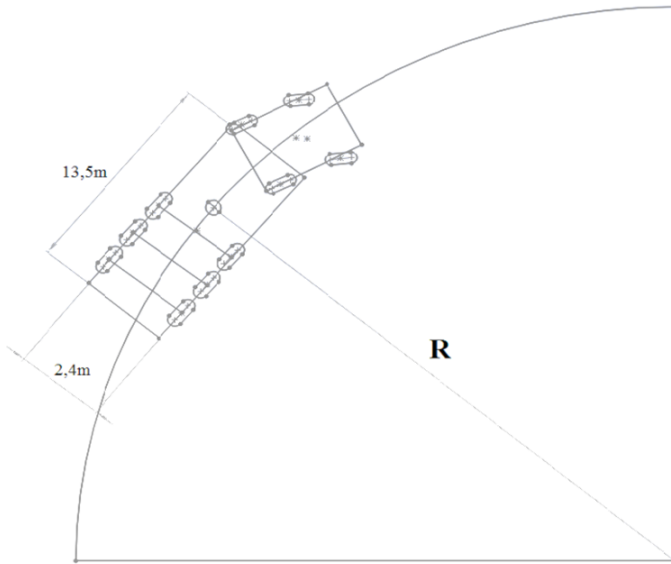


Рисунок 21 – Розрахункова схема здійснення повороту автоцистерною

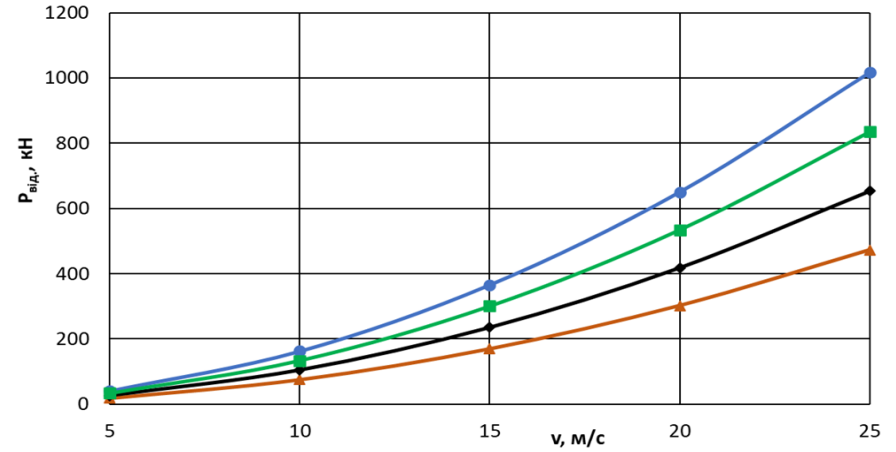


Рисунок 22 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 25 м

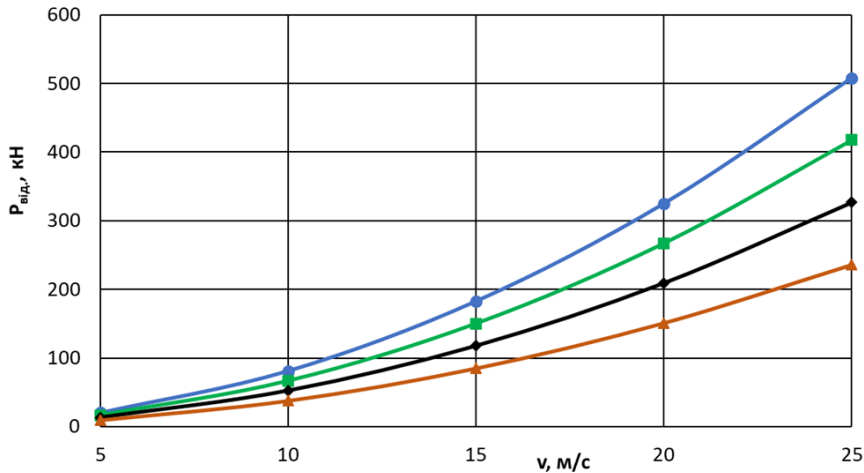


Рисунок 23 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 50 м

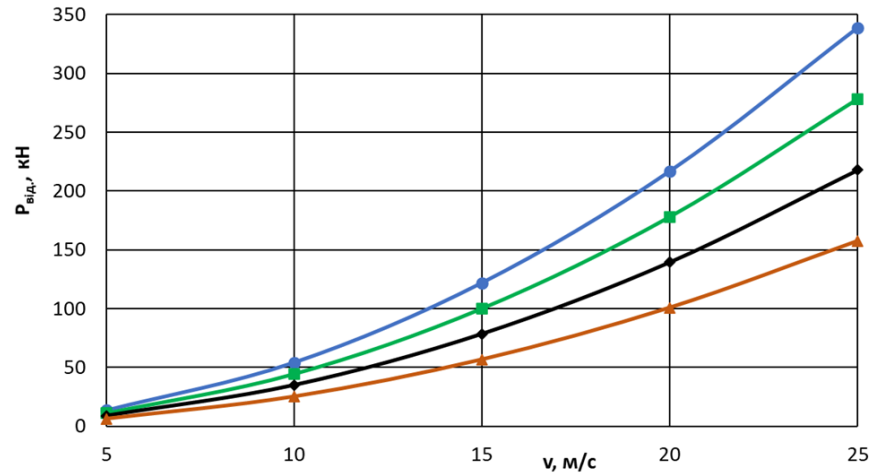


Рисунок 24 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 75 м

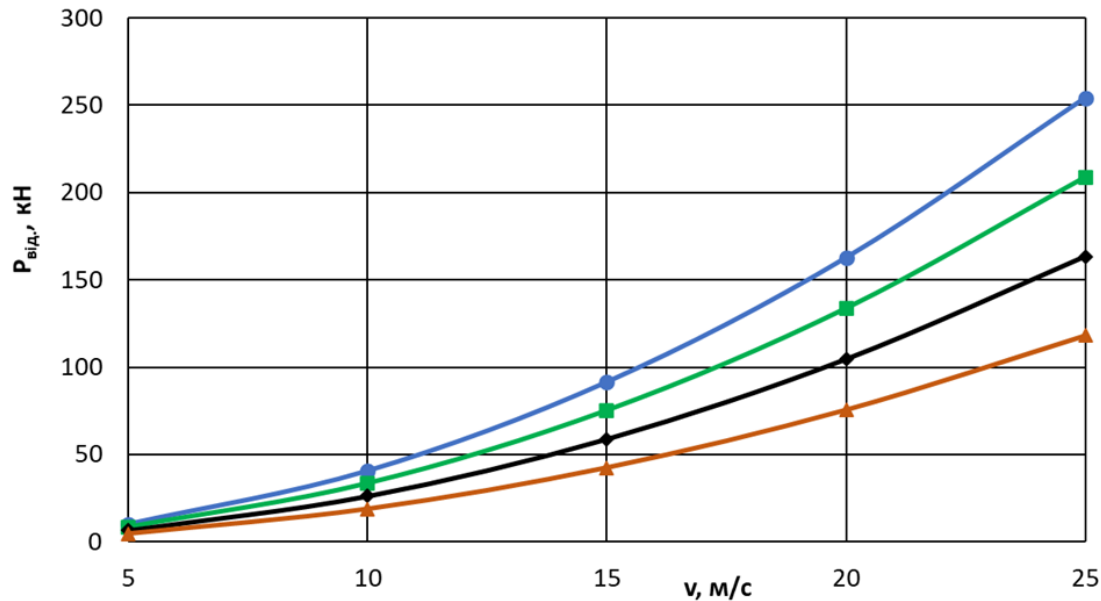


Рисунок 25 – Залежність зміни відцентрової сили від швидкості руху автоцистерни при завантаженні 25-100% та радіусі повороту 100 м

Максимальна безпечна швидкість розраховується за формулою:

$$v_{\max} = S \cdot g \cdot R, \quad (4)$$

де $S=\phi$ – стан дорожнього покриття;
 R – радіус повороту;
 g – прискорення вільного падіння.

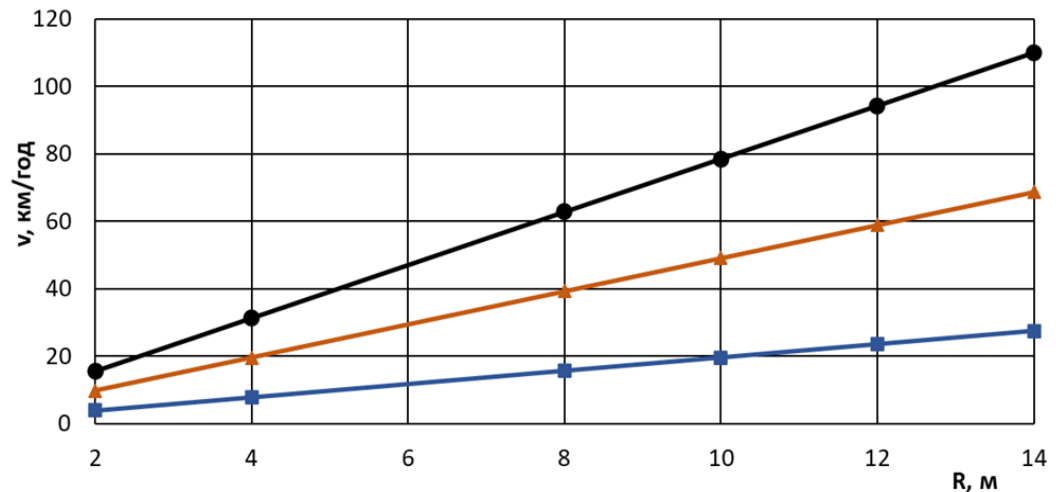


Рисунок 26 – Залежність максимальної безпечної швидкості від радіуса повороту при зростанні коефіцієнта зчеплення від 0,2 до 0,8

У магістерській роботі на тему «Підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів автомобільними цистернами в умовах ПП «Truck-Lider»» мною здійснено дослідження літературних джерел у сфері перевезення небезпечних вантажів автомобільними цистернами, досліджено їх будову та особливості застосування, оглянуто основні матеріали для виготовлення цистерн, надано їх характеристику та вплив на довговічність цистерн.

Метою цієї роботи було з'ясувати, чи може вантаж у частково заповненому резервуарі для рідких вантажів негативно впливати стійкість цистерни.

Під час постійного гальмування та розгону в частково заповненому резервуарі вантаж починає рухатися, кожного разу вдаряючись об стінки або хвилерізи з певною силою. Результати, отримані при розрахунку економічної вигоди, показують, що дешевшим варіантом є хвилеріз № 1, оскільки має простішу структуру та не потребує спеціальних кріпильних елементів.

Ціна хвилерізу № 1 становить 10050 грн, а хвилерізу № 2 – 18150 грн, а отже, хвилеріз № 2 у 1,8 рази дорожчий.

Як видно з результатів дослідження за зниження рівня завантаження від 100 до 25 % відбувається зменшення рівня центру ваги від 1540,07 мм до 1148,89 мм. При цьому центр мас переміщується в сторону кабіни з відстані 8061,7 мм до відстані 6521,59 мм. По ідеї ці фактори мали би підвищити стійкість цистерни на перекидання, але збільшення вільного простору для рідини призводить до її переміщення в напрямок протилежний повороту і цим самим підсилює відцентрову сил перекидання.

В цілому згідно ДОПНВ автоцистерни що не обладнані хвилезаспокоювачами і об'ємом понад 7500 л допускається завантажувати до 20 % або понад 80 %.

Нами встановлено, що найвищі відцентрові сили отримуються при найменшому радіусі повороту та найвищій швидкості, коли автомобіль повністю завантажений, тобто його маса з вантажем становить 40650 кг. Його відцентрова сила досягає цілих 1016,3 кН при швидкості 25 м/с. У повністю завантаженій автоцистерні його центр мас знаходиться в найвищій точці, тому ми отримуємо такі високі відцентрові сили.

Отже, під час руху в невеликому повороті на високій швидкості існує ймовірність перекидання автомобіля, оскільки центр мас вантажівки розташований досить високо.

Рух у поворотах з високим центром мас викликає багато проблем, оскільки цистерна може бути повністю або частково завантажена, тому висота центру мас може змінюватися. Зі зміною висоти центру мас змінюється і максимальна швидкість, з якою можна подолати повороти.

Можна стверджувати, що розглянутий вище приклад, коли радіус повороту досягає 100 м, теоретично можна подолати з високою швидкістю, оскільки поворот дуже довгий і нерівний, але при здійсненні такого повороту діють довготривалі сили тиску виробу на стінки цистерни.

Ми також здійснили розрахунок максимально безпечної швидкості руху автоцистерни для радіусів повороту в діапазоні від 2 м до 14 м та при значеннях коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою для сухого асфальту $\varphi = 0,8$ для мокрого асфальту $\varphi = 0,5$ для обмерзлого асфальту $\varphi = 0,2$.

За результатами розрахунків при $\varphi = 0,8$ із зростанням радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни зростає з 15,7 до 109,9 км/год.

При $\varphi = 0,5$ за зміни радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни зростає з 9,8 до 68,7 км/год.

В результаті розрахунків, при $\varphi = 0,2$ за зміни радіусу повороту від 2 до 14 м максимальна безпечна швидкість руху автоцистерни змінюється в діапазоні з 3,9 до 27,5 км/год.