

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

Розроблення причіпного устаткування для важковагового автомобільного евакуатора

Виконав: студент групи ІН-41
спеціальності
131 “Прикладна механіка”
Освітньо–професійної
програми
“Промисловий інжиніринг”
Кавка Ю. Б.

Керівник: Гобела В. М.

Рецензент: Гончар І.М.

(прізвище та ініціали)


м. Львів – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг
Освітній рівень бакалавр
Спеціальність 131 "Прикладна механіка"
Освітньо-професійна програма Промисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЛПВЛД

 доц. Бакай Б. Я.

"02" вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кавці Юрію Богдановичу

1. Тема роботи 1.2 Розроблення причіпного устаткування для важковагового автомобільного евакуатора

керівник роботи Гобела Володимир Миколайович, старший викладач,
затвержені наказом університету від "16" серпня 2024 року № C-506,
"9" травня 2025 року № C-309

2. Термін подання студентом роботи 17 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи приймаються з даних аналітичного огляду конструкцій технологічно устаткування евакуаторів для проектування причепа-евакуатора, який агрегується з автомобілем КрАЗ-65055; розрахувати рівняння тягового балансу евакуаційного автопотяга; розробити конструкцію причепа-евакуатора; розрахувати зусилля які виникають у вузлах та деталях запропонованої конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Виробнича діяльність ТзОВ «КАМІОН ЮМ»

2 Складання рівняння суми сил, які діють в автопотягу під час евакуації автотранспорту

3 Розрахунок запропонованої конструктивної схеми причепа-евакуатора

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

2 Складання рівняння суми сил, які діють в автопотягу під час евакуації автотранспорту (1 арк.)

3 Розрахунок запропонованої конструктивної схеми причепа-евакуатора (4 арк.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гобела В. М., старший викладач	05.05.25	15.05.25
2	Гобела В. М., старший викладач	16.05.25	23.05.25
3	Гобела В. М., старший викладач	30.05.25	10.06.25

7. Дата видачі завдання _____ 21.09.2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Виробнича діяльність ТзОВ «КАМІОН ЮМ»	05.05.2025-15.05.2025	
2	Складання рівняння суми сил, які діють в автопотягу	16.05.2025-29.05.2025	
3	Розрахунок запропонованої конструктивної схеми причепа-евакуатора	30.05.2025-10.06.2025	
4	Формування розділів та оформлення кваліфікаційної роботи	11.06.2025-16.06.2025	

Студент _____ (підпис)

Кавка Ю. Б. _____

Керівник роботи _____ (підпис)

Гобела В. М. _____

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра: 58 с., 3 ч., 5 табл., 15 рис., 6 дод., 10 джерел.

Тема : «Розроблення причіпного устаткування для важковагового автомобільного евакуатора».

АТОМОБІЛЬ, ЕВАКУАТОР, СТІЛА, РУКІВ'Я, ПОВОРОТНА РАМА, ГІДРОЦИЛІНДР, АУТРИГЕР, БАЛКА.

Об'єкт дослідження – технологічний процес по евакуації автотранспорту автомобілем-евакуатором, який оснащений маніпулятором.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу евакуації автомашин, удосконалення технологічного процесу евакуації.

Методи дослідження – метод навчання, аналітичний огляд, порівняння, моделювання, аналогії як інструмент систематичного підходу дозволив проаналізувати ефективність різних видів евакуаторів та запропонувати шлях вдосконалення технологічного процесу.

На основі аналізу конструкцій автомобілів-евакуаторів зроблено конструкцію технологічного обладнання причепа-евакуатора та описано його роботу Зроблено розрахунок сил, які виникають в конструкції причепа-евакуатора під час завантаження автомобіля який евакуюють. Визначено силу в тяговому канаті під час зтягування автомобіля на причеп-евакуатор. Зроблено розрахунок гідроциліндра який управляє рамою причепа.

Перевагою запропонованої конструкції причепа-евакуатора є те, що: базовим автомобілем тягачем є типовий автомобіль самоскид марки КрАЗ - 65055, який використовується за призначенням на підприємстві, а при потребі, до нього причіпляють запроєктований мною причеп-евакуатор і він автоматично стає евакуатором.

ABSTRACT

Bachelor's degree graduation thesis: 58 p., 3ch., 4 tbl., 22 bill., 9 add., 7 literature sources.

Thesis topic: DEVELOPMENT OF TOWED EQUIPMENT FOR A HEAVY-DUTY VEHICLE RECOVERY TRUCK.

VEHICLE, TOWER, BOOM, HANDLE, SWIVEL COLUMN, HYDRAULIC CYLINDER, ROTATOR, OUTRIGGER, BEAM, FRAME.

Study subject – the technological process for motor vehicles evacuating with a tow truck equipped with a manipulator.

Research objective – increasing the efficiency of the car evacuation process, improving the evacuation technological process.

Research methods – the teaching method, analytical review, comparison, modeling, analogies as a tool of a systematic approach made it possible to analyze the effectiveness of various types of tow trucks and propose a way to improve the technological process.

Based on the analysis of tow truck designs, a design scheme of the loading frame for loading cars using a manipulator onto the platform of the tow truck was developed. Based on the analysis of the methods of calculating the forces that act on the tow truck during its movement on an inclined road, the traction balance equation was calculated and the gears on which the tow truck can move were established. An equation was created to determine the lateral stability of the tow truck when loading the car with a manipulator. Determined forces acting in the structures of the technological equipment and in particular in the outrigger. Elements of the loading frame are partially calculated for strength and designed.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ЗМІСТ

ВСТУП

1	ВИРОБНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ТзОВ «КАМІОН ЮМ».....	9
1.1	Виробнича структура ТзОВ «КАМІОН ЮМ».....	9
1.1.1	Історія розвитку ТзОВ «КАМІОН ЮМ».....	9
1.1.2	Структурна схема підприємства.....	10
1.2	Типи автомобільних евакуаторів які використовуються для евакуації вантажних автомобілів та автобусів в ТзОВ «КАМІОН Ю М».....	10
1.2.1	Конструкція автомобілів-евакуаторів оснащених лебідкою та платформою з виїзними апарелями.....	11
1.2.2	Конструкція автомобілів-евакуаторів оснащених лебідкою та зсувною платформою.....	12
1.2.3	Конструкція автомобілів-евакуаторів, які оснащені навісним устаткуванням для евакуації вантажних автомобілів і автобусів	14
1.3	Обґрунтування вибору автомобіля для автомобіля-евакуатора	16
2	СКЛАДАННЯ РІВНЯННЯ СУМИ СИЛ, ЯКІ ДІЮТЬ В АВТОПОТЯГУ	21
2.1	Розрахункова схема евакуаційного автопотяга.....	21
2.2	Встановлення зусиль, які діють в автопотязі.....	24
2.2.1	Схема трансмісії автомобіля КрАЗ – 65055.....	24
2.2.2	Встановлення зусиль, які діють на автомобіль-евакуатор під час евакуації аварійного автомобіля	25
2.2.3	Встановлення значення максимальної сили тяги на ведучих колесах автомобіля-евакуатора	26
2.2.4	Визначення сили зчеплення ведучих коліс звантаженого автомобіля-евакуатора із дорогою по дотичній.....	29
2.2.4.1	Визначення ваги завантаженого автомобіля-евакуатора, яка передається на ведучі колеса.....	29
2.2.4.2	Визначення сили зчеплення ведучих коліс по дотичній із дорогою.....	29
2.2.5	Розподілення зусиль між колесами завантаженого автомобіля-евакуатора на горизонтальній ділянці дороги.....	31
2.2.6	Визначення сили опору коченню коліс автомобіля-евакуатора по горизонтальній ділянці дороги.....	32
2.2.7	Визначення зусилля опору переміщення від схилу.....	34
2.2.8	Визначення сили опору кочення коліс автомобіля-евакуатора по похилій дорозі на підйом.....	35
2.2.9	Визначення інерційних сил під час розгону завантаженого автомобіля-евакуатора.....	35

2.2.10	Встановлення тягового зусилля автомобіля–евакуатора на зчпному приспособленні.....	36
2.3	Розрахунок потрібної тягової сили для евакуації автомобіля	38
2.3.1	Визначення зовнішніх сил, які діють на автомобіль який евакуують.....	38
2.3.2	Визначення сили опору переміщення автомобіля від схилу..	39
2.3.3	Визначення сили опору коченню задніх коліс автомобіля під час його евакуації по асфальтній дорозі.....	40
2.3.4	Встановлення інерційних зусиль, які діють на автомобіль під час буксирування його з прискоренням.....	40
2.4	Розрахунок потрібної тягової сили для переміщення причепа-евакуатора	41
2.4.1	Встановлення зовнішніх сил, які діють на причеп-евакуатор	41
2.4.2	Визначення сили з якою колеса передньої осі автомобіля діють на раму причепа -евакуатора	41
2.4.3	Визначення сили опору переміщення причепа-евакуатора від схилу	42
2.4.4	Визначення сили опору коченню коліс причепа-евакуатора під час евакуації автомобіля по асфальтній дорозі.....	43
2.4.5	Встановлення інерційних зусиль, які діють на причеп-евакуатор під час буксирування його з прискоренням.....	44
2.5	Рівняння балансу сил для автомобіля, який евакуують причепом евакуатором.....	44
2.6	Заходи з техніки безпеки під час евакуації автомобіля.....	45
2.6.1	Підготовка автомобіля до евакуації.....	45
2.6.2	Правила техніки безпеки під час евакуації автомобіля.....	46
3	РОЗРАХУНОК ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПРИЧЕПА-ЕВАКУАТОРА.....	47
3.1	Обґрунтування доцільності використання причепа-евакуатора	47
3.2	Опис технологічного процесу завантаження та евакуації автомобіля.....	47
3.3	Огляд конструкції причепа-евакуатора.....	49
3.4	Встановлення зусиль, які виникають у вузлах причепа-евакуатора.....	50
3.4.1	Встановлення величини натягу в канаті лебідки.....	50
3.4.2	Визначення потрібної сили в гідроциліндрі	51
3.5	Розрахунок потрібних параметрів гідроциліндра.....	52
3.5.1	Визначення внутрішнього діаметра циліндра.....	52
3.5.2	Визначення потрібної товщини стінки гідроциліндра.....	54
	ВИСНОВКИ.....	56
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	58
	ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Перша автомобільна аварія була офіційно зафіксована у Лондоні в 1896 році. Тоді вперше постало питання евакуації пошкодженого автомобіля. Цей випадок став, напевно, передумовою для створення евакуатора.

У 1916 році автомеханік Ернест Холмс сконструював експериментальний механізм для евакуації автомобіля з місця аварії.

Конструкція першого евакуатора була змонтована на базі вантажного автомобіля “Кадилак” на рамі якого прикріпили саморобну лебідку. Ця конструкція не була вдалою із за помилок під час розрахунків стійкості автомобіля, що привело під час евакуації до його перекидання. Після цього, винахідник вдосконалив конструкцію евакуатора і обладнав його крановою установкою та аутрігерами для збільшення стійкості.

У 1916 році схема цього евакуатора була офіційно запатентована, і на базі неї була створено підприємство по виготовленню евакуаторів. Перший евакуатор з цієї серії зараз знаходиться в одному з музеїв штату Техас.

На сьогоднішній день автомобільні евакуатори досить популярні в Україні і застосовуються для переміщення автотранспорту: після втрати можливості рухатися своїм ходом після поломок або аварій; під час потреби переміщення автотранспорту із недозволених місць стоянки або арештів автотранспорту та переміщення його на штрафні майданчики; у ситуаціях коли по якихось причинах водій не може сам керувати автомобілем

На сьогодні існують різні види евакуаторів які можуть евакуйовувати автомобільний транспорт, автомобілі для різного спеціального призначення та ваги, дорожньо-будівельні машини та військову техніку. Евакуатори оснащені різними типами устаткування для підтягування автомобілів із сторони до місця завантаження, при чіплянні або завантаження автомобілів на евакуатори, закріплення на евакуаційній платформі залежно від будови та конструктивної специфіки того чи іншого автомобіля і його технічних параметрів та розмірів.

1 ВИРОБНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ТЗОВ «КАМІОН ЮМ»

1.1 Виробнича структура ТЗОВ «КАМІОН ЮМ»

1.1.1 Історія розвитку ТЗОВ «КАМІОН ЮМ»

ТЗОВ «КАМІОН ЮМ» це станція технічного обслуговування автобусів і вантажних автомобілів знаходиться в м. Львів по вул. Конюшинна 4. Підприємство засноване у 2017 році і розташоване на території площею 8750 м². ТЗОВ «КАМІОН ЮМ» засноване приватним підприємцем Сеником Юрієм.

Робота підприємства орієнтована на надання послуг по ремонту та технічному обслуговуванні автобусів та вантажних автомобілів приватних власників. Сервіс знаходиться в декількох приміщеннях які оснащені оглядовими площадками та оглядовими ямами.

Підприємство працює в одну зміну, п'ять днів на тиждень.

Підприємство надає послуги з: евакуації; огляду; сучасної діагностики автомобіля та окремих агрегатів; ремонт вузлів та агрегатів на автомобілі; зняття та ремонт або встановлення нових вузлів та агрегатів; ремонт підвісок; ремонт ходової частини; ремонт (заміна) деталей і вузлів випускного тракту; технічне обслуговування та ремонт трансмісії; ходової частини, органів керування (гальмівних та рульових агрегатів).

Для виконання робіт на підприємстві є спеціалізований інструмент.

Буксировання вантажівок відбувається з допомогою жорсткої зчіпки або на аварійними евакуаторами.

Для покращення та зменшення простоювання автомобілів в ремонті та технічному обслуговуванні на підприємстві організовано склад автозапчастин та укладено договори з декількома магазинами для закупівлі автозапчастин.

По сусідству з ТЗОВ «КАМІОН ЮМ» існує добре розвинута інфраструктура по ремонту автомобілів. Зокрема є підприємство яке

спеціалізується на розбиранні та утилізації автобусів і вантажних автомобілів, сервіс для ремонту турбін, склад із склом для різних автомобілів. Такий конгломерат сприяє швидшому ремонту вантажних авто та автобусів.

1.1.2 Структурна схема підприємства

В склад ТзОВ «КАМІОН ЮМ» входить:

- дільниця де проводять діагностику, обслуговування і ремонт вантажних автомобілів та автобусів;
- дільниця де проводять діагностування та ремонт трансмісії;
- дільниця де проводять роботи по зварюванні;
- дільниця де проводять миття автомобілів та окремих вузлів або агрегатів;
- дільниця де проводять заміну сайленблоків та підшипників;
- служба з евакуації вантажних автомобілів і автобусів.

1.2 Типи автомобільних евакуаторів які використовуються для евакуації вантажних автомобілів та автобусів в ТзОВ «КАМІОН ЮМ»

Деколи бувають ситуації коли транспортні засоби не можуть переміщатися своїм ходом. Такі ситуації можуть виникати після дорожньо-транспортних пригод, поломок автомобіля, потребою безпечного переміщення автомобіля на інше місце стоянки або роботи, переміщення транспортних засобів із стоянок, транспортування нових авто на місце продажі та інше. Для виконання таких робіт використовують автомобілі-евакуатори оснащені відповідним технологічним устаткуванням.

На сьогоднішній день, використовуються різні конструкційні схеми автомобільних евакуаторів. В загальному, розрізняють евакуатори призначені для евакуації легкових та вантажних автомобілів.

За технологічним обладнанням евакуатори поділяються на евакуатори які оснащені:

- лебідкою та платформою з виїзними апарелями;
- лебідкою та зсувною платформою;
- лебідками, крановим устаткуванням, та навісним устаткуванням для транспортування вантажних автомобілів у напівзавантаженому стані.

1.2.1 Конструкція автомобілів-евакуаторів оснащених лебідкою та платформою з виїзними апарелями

Евакуатори, які оснащені тяговою лебідкою та платформою з виїзними апарелями, які можуть бути висувними або поворотними, мають просту конструкцію та порівняно невелику вартість в результаті чого вони, на сьогоднішній день, найбільш затребувані.

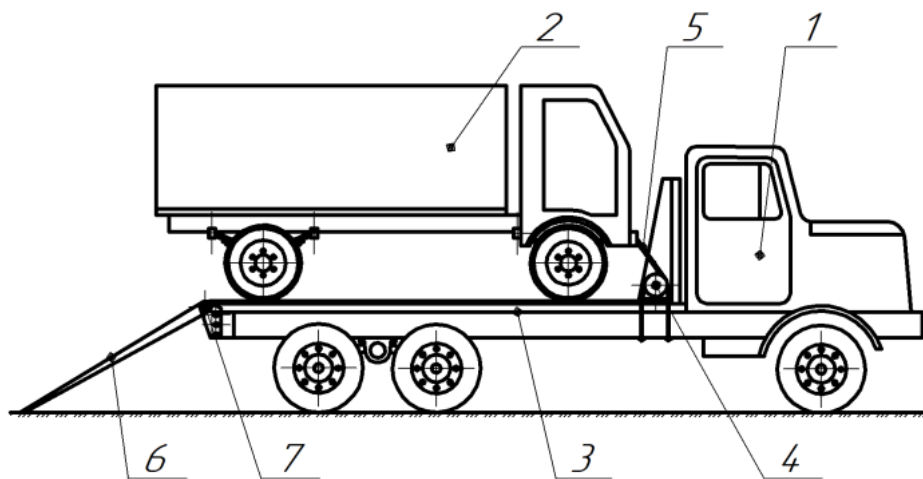
Схема вказаного евакуатора із поворотними апарелями приведена на рисунку 1.1.

До рами автомобіля 1 нерухомо прикріплена платформа 3, на якій за кабіною, прикріплена тягова лебідка 4 з електричним або гідравлічним приводом. До задньої частини платформи 3 через поворотні шарніри 7 закріплені виїзні апарелі 6, які по яких автомобіль 2, якого потрібно евакуйовувати, заїжджає на платформу 3 евакуатора 1. Якщо автомобіль 2, своїм ходом, не може заїхати на платформу то його зтягують на неї канатом 5, який приводиться в рух лебідкою 4.

Автомобіль на платформі кріплять з допомогою колісних упорів та натяжних ременів.

Приведена конструктивна схема має ряд переваг над іншими, а саме простоту конструкції, надійність в роботі, дешеве технологічне обладнання.

Однак ці евакуатори мають ряд недоліків, а саме: завантажують автомобіль на платформу по апарелях із заднього боку платформи, але в деяких випадках це зробити неможливо; не можна завантажити автомобіль з пошкодженою ходовою системою; затруднене завантаження автомобіля з малим кліренсом.



1 – автомобіль-евакуатор; 2 – автомобіль який евакуйовують; 3 - платформа; 4 – тягова лебідка; 5 – тяговий канат; 6 – поворотна апарель; 7 – поворотний шарнір.

Рисунок 1.1 – Схема автомобіля-евакуатора оснащеного лебідкою та платформою з виїзними апарелями:

1.2.2 Конструкція автомобілів-евакуаторів оснащених лебідкою та зсувною платформою

Евакуатори, які оснащені тяговою лебідкою та зсувною платформою використовують для евакуації автобусів та автомобілів із автоматичною коробкою передач та низькою посадкою.

Схема вказаного автомобіля-евакуатора приведена на рисунку 1.2.

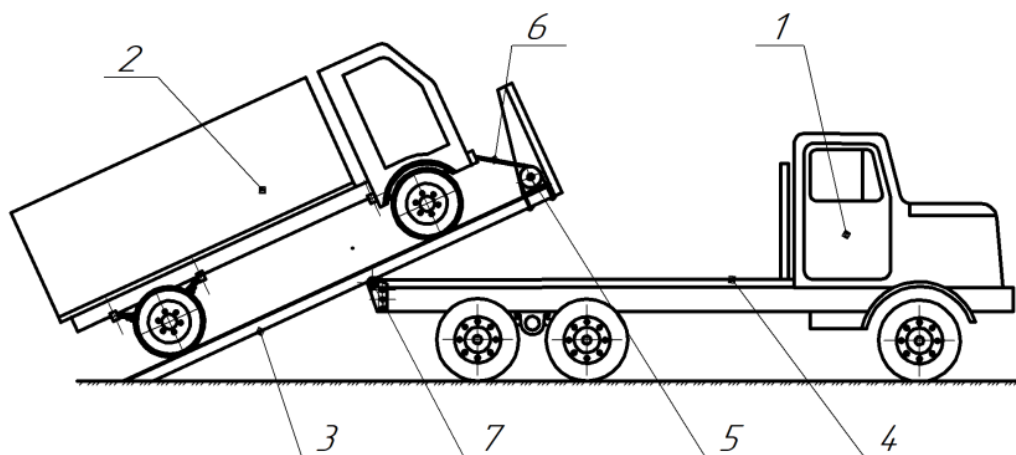
До заднього краю рами 4 автомобіля-евакуатора 1 прикріплено з правого і лівого боку два ролики 7 по яких переміщається зсувна платформа 3 на якій в передній частині закріплено тягову лебідку 5. Зсувна платформа переміщається гідроциліндром через систему важелів і тяг.

Під час завантаження автомобіля 2 для евакуації зсувна платформа 3 гідроциліндром через систему важелів і тяг зсувається по упорних роликах 7 з рами 4 автомобіля-евакуатора 1 і заднім краєм впирається в землю. Автомобіль 2, заїжджає на зсуву платформу 3 або в разі його несправності затягують на неї тяговим канатом 6, якій приводиться лебідкою 5. Автомобіль

2 закріплюють на платформі 3 нерухомо. Після цього зсувну платформу 3 разом з автомобілем 2 гідроциліндром зтягують по упорних роликах 7 на раму 4 автомобіля-евакуатора.

До переваг цієї конструкції слід віднести відсутність завантажувальних апарелей, можливість евакуації евакуації автобусів та автомобілів із автоматичною коробкою передач та низькою посадкою. Евакуація автомобілів такими евакуаторами значно спрощується і завантаження проходить значно швидше.

До недоліків даної конструкції можна віднести: наявність упорних роликів; рухомої платформи; можливість завантаження автомобіля тільки із задньої сторони.



1 – автомобіль-евакуатор; 2 – автомобіль який евакуюють; зсувна платформа; 4- рама; 5 – лебідка; 6 – тяговий канат; 7 – упорні ролики.

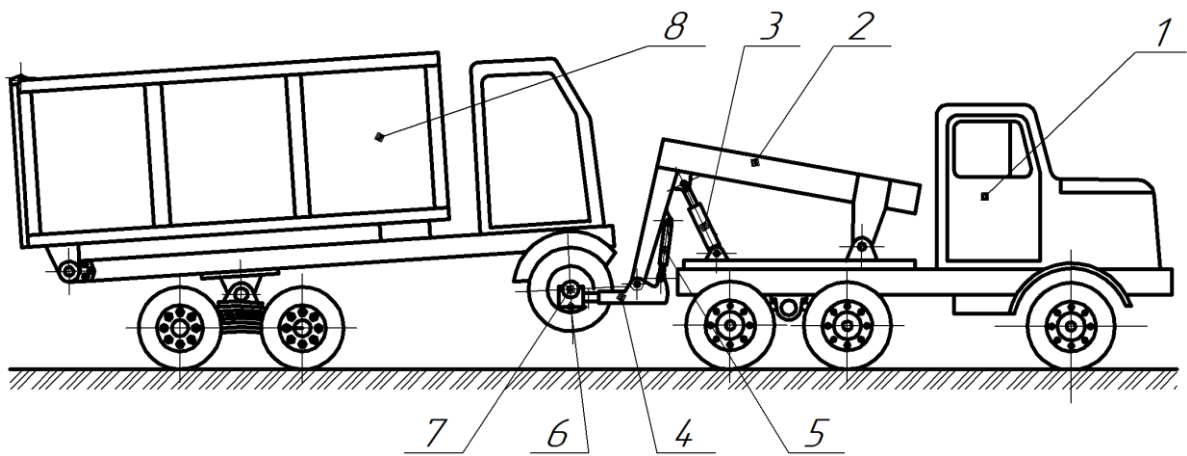
Рисунок 1.2 – Схема автомобіля-евакуатора оснащеного лебідкою та зсувною платформою:

1.2.3 Конструкція автомобілів-евакуаторів, які оснащені навісним устаткуванням для евакуації вантажних автомобілів і автобусів

Для евакуювання вантажних автомобілів, автобусів, будівельної техніки застосовують автомобілі-евакуатори оснащені навісним устаткуванням для транспортування їх у частковому завантаженому стані. Такі евакуатори

змонтовані на шасі автомобілів з великою вантажопідемністю та тяговою силою, проходимістю і потужністю двигуна. Для того щоб підтягнути пошкоджений автотранспорт автомобіля-евакуатора використовують лебідки із тяговим зусиллям від 100 до 300 кН. Для завантаження автотранспорту евакуатори оснащені телескопічним устаткуванням та спеціальними захопами для кріплення передніх або задніх коліс, частин рами, осей.

Схема автомобіля-евакуатора з навісним устаткуванням для евакуації вантажних автомобілів в пів завантаженому стані приведена на рисунку 1.3.



1 – автомобіль-евакуатор; 2 – стріла; 3 – гідроциліндр; 4 – кронштейн; 5 – гідроциліндр; 6 – захоп; 7 – вісь автомобіля; 8 – автомобіль, який евакуюють.

Рисунок 1.3 – Схема автомобіля-евакуатора оснащеного навісним устаткуванням для евакуації вантажних автомобілів в пів завантаженому стані:

Для виконання евакуації автомобіль 8 скріплюють із атомобілем-евакуатором 1, різними (в залежності від потреби) жорсткими або гнучкими зчепами або спеціалізованими причіпними пристосуваннями. У випадку, коли автомобіль не може переміщатися по дорозі наприклад у результаті поломки ходової системи то його евакуюють у завантаженому стані на спеціальних платформах. В окремих випадках евакуація може проходити у пів завантаженому стані за передні або задні осі. Тоді процес причіплення автомобіля проходить наступним чином. Заднім ходом автомобіль-евакуатор 1 підїзжає до автомобіля 8. Гідроциліндром 3 опускає раму 2 і продовжує

переміщатися подаючи захоп 6, який закріплений на кронштейні 4 під вісь 7 автомобіля 8 і зупиняється. В результаті піднімання рами 2 гідроциліндром 3 пошкоджену частину автомобіля 8 піднімають за вісь 7 над землю. Гідроциліндром 5 повертають в потрібне положення кронштейн 4. Після скріплення осі 7 із захопом 6, автомобіль-евакуатор транспортує автомобіль 8 в потрібне місце. Пошкоджений автомобіль, в залежності від поломок, може зачіпляють за передні або задні осі, або частини рами, таким чином пошкоджений автомобіль можна евакуйовувати переднім або заднім ходом.

На рисунку 1.4 показано процес буксирування самоскида.



Рисунок 1.4 – Процес евакуації автомобіля самоскида за передню вісь.

1.3 Обґрунтування вибору автомобіля для автомобіля-евакуатора

В цій кваліфікаційній роботі бакалавра я розробляю евакуатор для вантажних автомобілів на базі шасі КрАЗ-65055.

Самоскид КрАЗ-65055 оснащений посиленою задньою підвіскою і призначений для перевезення сипучих матеріалів по дорогах всіх категорій та бездоріжжю. Передня і задня підвіски залежні, змонтовані на двох поздовжніх півеліптичних ресорах: передня з двома гідравлічними амортизаторами; задня – балансірного типу.

Загальний вигляд шасі автомобіля КрАЗ – 65055 на базі якого проєктуємо евакуатор приведений на рисунку 1.5.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд автомобіля КРАЗ – 65055

На автомобілі КРАЗ – 65055 встановлений дизельний, V – подібний двигун внутрішнього згорання ЯМЗ-238Д (EURO-0), ЯМЗ-238ДЕ2 (EURO-2).

Схема автомобіля із конструктивними геометричними розмірами приведена на рисунку 1.7

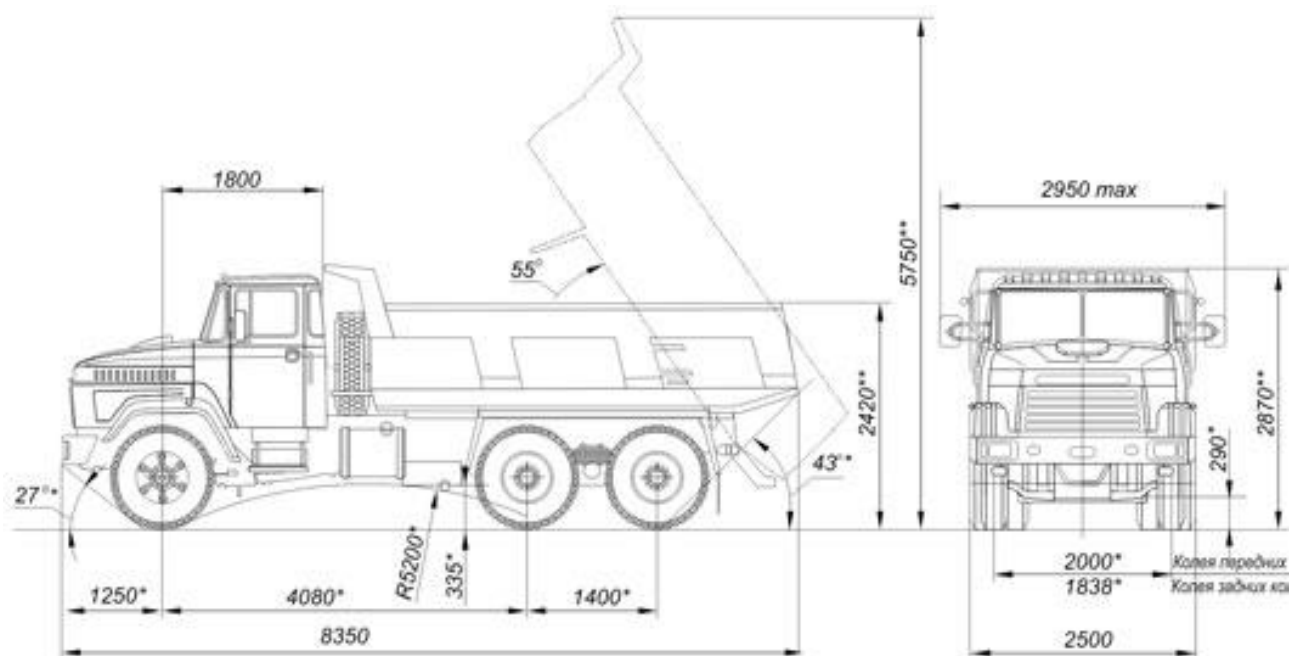


Рисунок 1.7 – Схема з габаритними параметрами автомобіля КРАЗ – 65055.

Технічна характеристика з основними параметрами шасі автомобіля
КрАЗ – 65055 приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика шасі автомобіля КрАЗ – 65055

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Колісна формула	6*4
2	Маса спорядженого автомобіля, кг – яка передається на передні колеса, кг – яка передається на візок задніх коліс, кг	12300 4200 8100
3	Повна маса автомобіля, кг – яка передається на передні колеса, кг – яка передається на задні колеса, кг	28350 5900 22450
4	– вантажопід'ємність, кг	16000
5	– двигун дизельний V – подібний, з турбо наддувом	ЯМЗ-238Д (EURO-0), ЯМЗ-238ДЕ2 (EURO-2)
6	Потужність двигуна (2100 об/хв), кВт	243(330)
7	Робочий об'єм, л	14,86
Продовження таблиці 1.1		
1	2	3
8	Номінальна частота обертання колінчастого вала, об/хв	2100
9	Максимальний крутний момент на колінчастому валі, Н*м	1225 (ЯМЗ – 238Д) 1274 (ЯМЗ – 238ДЕ2)
10	Коробка швидкостей	механічна, двохдіапазонна, восьмиступенева
11	Передавальні числа коробки швидкостей Задній хід	7,30; 4,86; 3,50; 2,48; 2,09; 1,39; 1,00; 0,71. 10,46; 2,99
12	Головна передача	Мости центральні, двоступеневі з міжколісним блокуванням, середній міст прохідний з міжосьовим блокуванням
13	Передавальне число головної передачі	6,154
14	Шини	12.00R20 (320R-508)
15	Геометричні розміри шини, см	1021*315

2 СКЛАДАННЯ РІВНЯННЯ СУМИ СИЛ, ЯКІ ДІЮТЬ В АВТОПОТЯГУ ПІД ЧАС ЕВАКУАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТУ

2.1 Розрахункова схема евакуаційного автопотяга

Зробивши аналіз конструктивних схем евакуаторів, схеми яких приведені на рисунках рис. 1,1, рис. 1.2, рис.1.3 в першому розділі цієї роботи бачимо, що ці евакуатори мають спеціальне устаткування для евакуації автотранспорту і на інших роботах не можуть бути використані.

В своїй роботі я спроектував причіпне устаткування для евакуації автотранспорту яке агрегується із автомобілями загального призначення наприклад автосамоскидами. Така схема дозволяє використовувати автомобілі за їхнім призначенням, а при потребі причіпляти до них розроблене устаткування і використовувати їх як евакуатори. Схема такого евакуатора приведена на рисунку 2.1. Ця конструктивна схема передбачає використання сконструйованого одновісного причепа оснащеного устаткуванням для часткового завантаження автотранспорту і транспортування його в пів завантаженому стані до місць призначення.

Такі евакуатори можна використовувати для евакуації автобусів, вантажних автомобілів, автомобілів з півпричіпами любых типів, дорожньої і будівельної техніки.

Для розрахунків зусиль, які діють на причіпний евакуатор та автомобіль евакуатор під час евакуювання вантажного автомобіля складаємо розрахункову схему евакуаційного автопотяга, яка приведена на рисунку 2.2.

Для подальших розрахунків приймаємо, що евакуатор 1, який сконструйований на базі автомобіля КрАЗ-65055, евакуює завантажений автомобіль КрАЗ-65055 з пошкодженою передньою віссю. Технічна характеристика автомобіля КрАЗ-65055 приведена в таблиці 1.1 першого розділу цієї роботи.

2.2 Встановлення зусиль, які діють в автопотязі під час евакуації вантажного автомобіля та складання рівняння тягового балансу зусиль

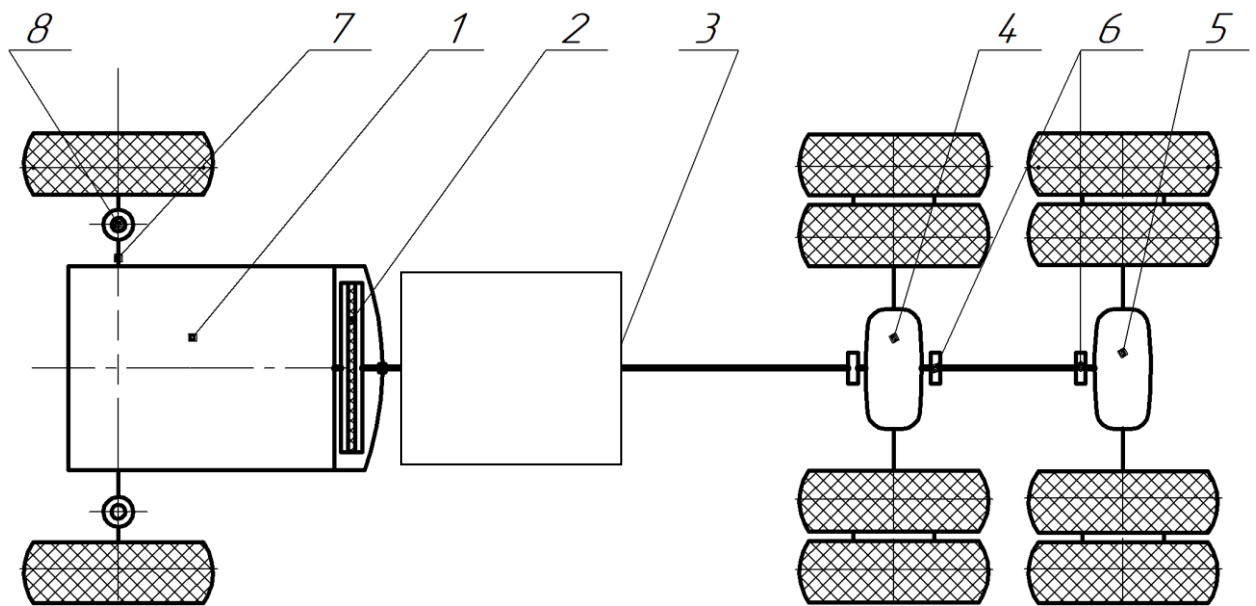
2.2.1 Схема трансмісії автомобіля КрАЗ – 65055

Автомобіль КрАЗ – 65055 оснащений потужним V – подібним двигуном, з турбо наддувом, з колісною формулою 6 · 4, має підвищену вантажопідємність, хорошу прохідність і надійність роботи у важких дорожніх та кліматичних умовах.

Експлуатаційні параметри з технічної характеристики шасі автомобіля КрАЗ – 65055 приведені в першому розділі таблиці 1.1 цієї роботи.

Схема трансмісії автомобіля КрАЗ-65055 приведена на рисунку 2.3.

V – подібний двигун, з турбо наддувом 1 створює крутний момент, який через дводискову фрикційну муфту щеплення 2 передається до двопозиційної восьми ступінчастої коробки передач 3. З коробки передач 3 крутний момент через карданний вал передається на середній привідний міст 4, який є прохідним. Із середнього моста 4 обертовий момент через карданний вал передається до заднього привідного моста 5. Карданні мости оснащені шарнірами 6. З ведучих мостів крутний момент передається до ведучих коліс, які контактують із дорогою і створюють тягову силу автомобіля. Завдяки поворотним шарнірам 8, які встановлені на неведучому передньому мості передні колеса мають змогу повертатися в результаті автомобіль може робити повороти.



1 – двигун внутрішнього згорання; 2 – фрикційна муфта щеплення; 3 – коробка передач; 4 – середній привідний міст; 5 – задній привідний міст; 6 – карданні вали із шарнірами; 7 – передній не привідний міст; 8 – поворотний шарнір.

Рисунок 2.3 – Схема трансмісії автомобіля КрАЗ-65055:

2.2.2 Встановлення зусиль, які діють на автомобіль-евакуатор під час евакуації аварійного автомобіля

Під час евакуювання аварійного автомобіля на автомобіль-евакуатор діють: тяглове зусилля на ведучих колесах середнього і заднього мостів; сила ваги автомобіля-евакуатора; реакція на колеса від дороги; сили опору коченню привідних і не привідних коліс по дорозі; опір руху евакуатора від кута підйому; сила зчеплення ведучих коліс із дорогою; сили інерції під час розгону і гальмування; лобовий повітряний опір руху евакуатора; зусилля в зчпному приспособленні, та інші.

Схема сил які діють на евакуатор під час евакуації аварійного автомобіля приведена на рисунку 2.4.

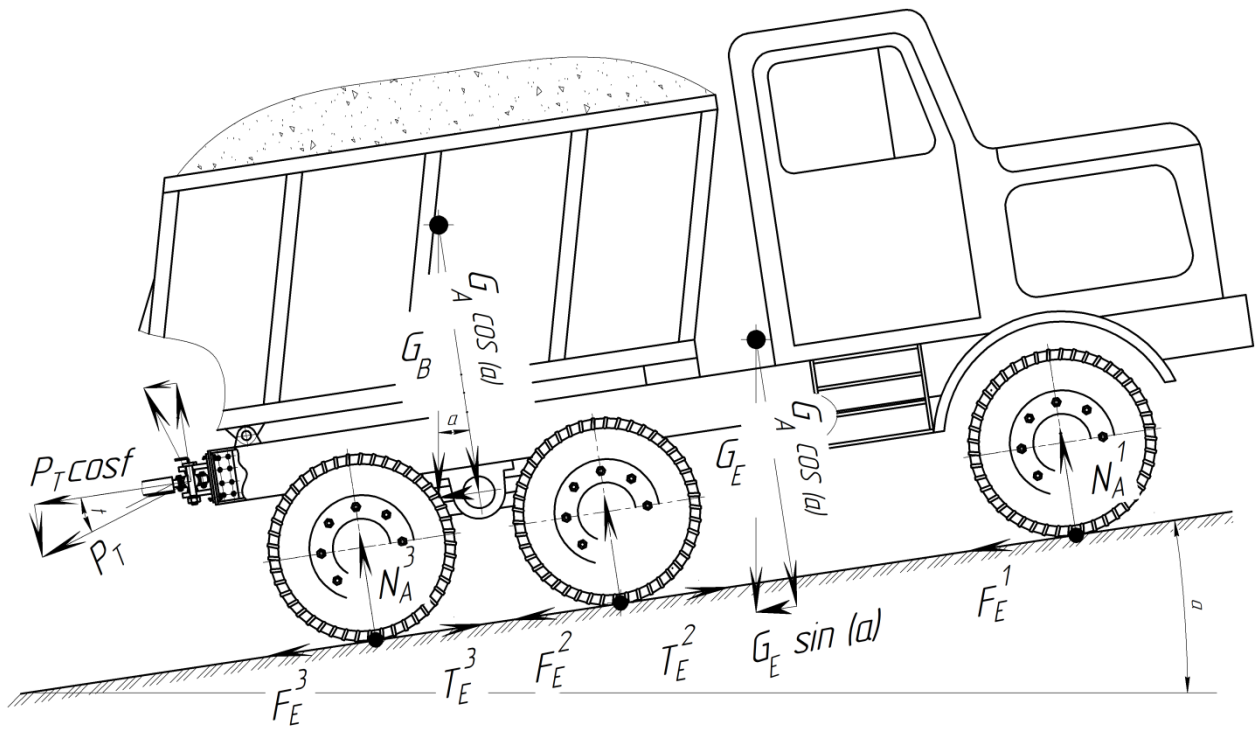


Рисунок 2.4 – Схема дії сил на евакуатор під час евакуації аварійного автомобіля.

Як бачимо із рисунка 2.4 на автомобіль тягач під час евакуювання автомобіля діють сили: опір коченню ведучих і неведучих коліс по дорозі, тягова сила на ведучих колесах; вага автомобіля; вага додаткового вантажу в кузові автомобіля; сили від евакуаційного одновісного причепа.

2.2.3 Встановлення значення максимальної сили тяги на ведучих колесах автомобіля-евакуатора в залежності від коефіцієнта редукції ввімкненої передачі коробки швидкостей і роздаткової коробки

Силу тяги, дотичною із дорогою, створює колінчастий вал двигуна крутний момент, якого передається та трансформується, через трансмісію, на ведучі колеса автомобіля-евакуатора, а колеса, відповідно, діють на поверхню дороги.

Значення сили тяги залежить від коефіцієнтів редукції відповідних передач, які на даний час ввімкнуті у коробці швидкостей і роздаткової коробки.

Сумарне значення сили тяги, яку створюють ведучі колеса по дотичній з поверхнею дороги визначимо за формулою

$$P_d = \frac{M_k}{r_k}$$

де M_k – крутний момент на ведучих колесах, Н·м; r_k – радіус ведучого колеса, м.

Сумарний крутний момент, який передається від колінчастого вала на ведучі колеса визначимо за формулою

$$M_k = M_d \cdot n_{тр} \cdot \eta_{тр}$$

де M_d – максимальний крутний момент який розвиває двигун евакуатора Н·м; $n_{тр}$ – передавальне число трансмісії на відповідній передачі; $\eta_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії евакуатора.

Величину максимального крутного моменту на колінчастому валі двигуна приймаємо згідно його технічної характеристики за даними таблиці 1.1.

Згідно кінематичної схеми трансмісії евакуатораприведеної на рисунку 2.1, коефіцієнт редукції трансмісії визначимо за формулою

$$n_{тр}^i = n_{кп}^i \cdot n_{рк}^i \cdot n_{гп}$$

де $n_{кп}^i$ – коефіцієнт редукції коробки передач на відповідній передачі; $n_{рк}^i$ – коефіцієнт редукції роздаткової коробки на відповідній передачі; $n_{гп}$ – коефіцієнт редукції головної передачі.

Значення коефіцієнтів редукції коробки передач, роздаткової коробки та головної передачі приймаємо згідно даних технічної характеристики автомобіля, які приведені в таблиці 1.1.

Коефіцієнт ефективності трансмісії автомобіля-евакуатора приймаємо рівним $\eta_{тр} = 0,94$ [1].

Згідно з даними таблиці 1.1, вважаємо, що автомобіль-евакуатор оснащений дизельним восьмициліндровим V – подібним двигуном з турбонаддувом марки ЯМЗ – 63221 ДЕ2 з максимальним крутним моментом на колінчастому валі 1274,0 Н · м та ведучим колесми 12 R20 із зовнішнім діаметром 1122,0 мм.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків величини крутного моменту на ведучих колесах евакуатора та дотичної сили тяги

Передача	Редукційне число	Крутний момент на ведучих колесах $M_{кр}, Н \cdot м$	Розрахункова, сумарна дотична сила $F_{дот}, Н$
1	2	3	4
Понижена передача роздаткової коробки ($n_{рк} = 1,31$)			
1 – ша	7,30	99577,24	76597,88
2 – га	4,86	66293,89	50955,30
3 – тя	3,50	47742,51	36725,01
4 – та	2,48	33828,98	26022,29
5 – та	2,09	28509,10	21930,08
6 – та	1,39	18960,60	14585,08
7 – ма	1,00	13640,72	10492,86
8 – ма	0,71	9684,91	7449,93
Задній хід 1	10,46	142681,91	109755,32
Задній хід 2	2,99	40785,75	31373,65
Повишена передача роздаткової коробки ($n_{рк} = 0,95$)			
1 – ша	7,30	72206,75	55543,65
2 – га	4,86	48071,89	36978,38
Продовження таблиці 2.1			

1	2	3	4
3 – тя	3,50	34619,67	26630,52
4 – та	2,48	24530,51	18869,62
5 – та	2,09	20672,89	15902,22
6 – та	1,39	13748,96	10576,12
7 – ма	1,00	9891,33	7608,72
8 – ма	0,71	7022,85	5402,19
Задній хід 1	10,46	103463,37	79587,21
Задній хід 2	2,99	29575,09	22750,7

2.2.4 Визначення сили зчеплення ведучих коліс звантаженого автомобіля-евакуатора із дорогою по дотичній

2.2.4.1 Визначення ваги звантаженого автомобіля-евакуатора, яка передається на ведучі колеса

Згідно даних таблиці 1.1 пункту 3, вага звантаженого автомобіля-евакуатора КрАЗ – 65055, становить 283500,0 Н, а вага яка передається на задні колеса становить 224500,0 Н. Вага яка передається на передні колеса становить 59000,0 Н.

2.2.4.2 Визначення сили зчеплення ведучих коліс по дотичній із дорогою

Величину сили зчеплення ведучих коліс із дорогою по дотичній визначимо виходячи із умови не пробуксовування ведучих коліс по дорозі.

Допустиму величину сили зчеплення коліс із дорогою визначимо за формулою

$$P_{зч} = G_{зч} \cdot \varphi_{зч}$$

де $G_{зч}$ – вага автомобіля-евакуатора, яка передається на ведучі колеса, Н; $\varphi_{зч}$ – коефіцієнт зчеплення шин ведучих коліс із дорогою.

У автомобіля КрАЗ - 65055 колісна формула $6 \cdot 4$, тобто автомобіль має 6 – ть коліс 4 -ри із яких є ведучими і це задні колеса. Тому

$$G_{зч} = 224500,0 \text{ Н}$$

Значення коефіцієнтів зчеплення коліс із дорогою встановлюються експериментально і залежить від покриття дороги та його стану. Значення коефіцієнтів зчеплення коліс із дорогою приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнтів зчеплення коліс із дорогою.

Тип дорожнього покриття	Суха поверхня	Мокра поверхня
Асфальт	0,7 – 0,8	0,3 – 0,4
Ґрунтова дорога	0,5 – 0,6	0,3 – 0,4
Ґлина	0,5 – 0,6	0,3 – 0,4
Пісок	0,5 – 0,6	0,4 – 0,5
Обмерзла дорога	0,2 – 0,3	
Дорога покрита снігом	0,2 – 0,4	

Для розрахунків, я приймаю найважчі умови, що авттомобіль евакуатор евакуує автомобіль по асфальтній дорозі яка вкрита снігом. Згідно даних таблиці 2.2 для асфальтної дороги вкритої снігом коефіцієнт зчеплення ведучих коліс із дорогою рівний $\varphi_{зч} = 0,3 - 0,4$. Для розрахунків приймаю $\varphi_{зч} = 0,30$.

$$P_{зч} = 224500,0 \cdot 0,30 = 67350,0$$

2.2.5 Розподілення зусиль між колесами завантаженого автомобіля-евакуатора на горизонтальній ділянці дороги

Згідно даних таблиці 1.1 пункту 3, вага завантаженого автомобіля-евакуатора КрАЗ – 65055, яка передається на балансир заднього візка становить 224500,0 Н, а вага яка передається на передню вісь становить 59000,0 Н.

Як бачимо з рисунка 2.5 навантаження від передньої осі передається на два колеса, а від осі балансира на два ведучі задні мости на кожному з яких розміщені по чотири колеса.

Тоді величину реакції переднього колеса автомобіля-евакуатора на дорогу визначимо за формулою

$$N_E^1 = G_{E3}^{\text{пер}} \cdot k$$

де k – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження між правим і лівим передніми колесами. Для розрахунків приймаємо, що автомобіль знаходиться на горизонтальній дорозі і $k = 0,6$.

$$N_E^1 = 59000,0 \cdot 0,6 = 35400,0 \text{ Н}$$

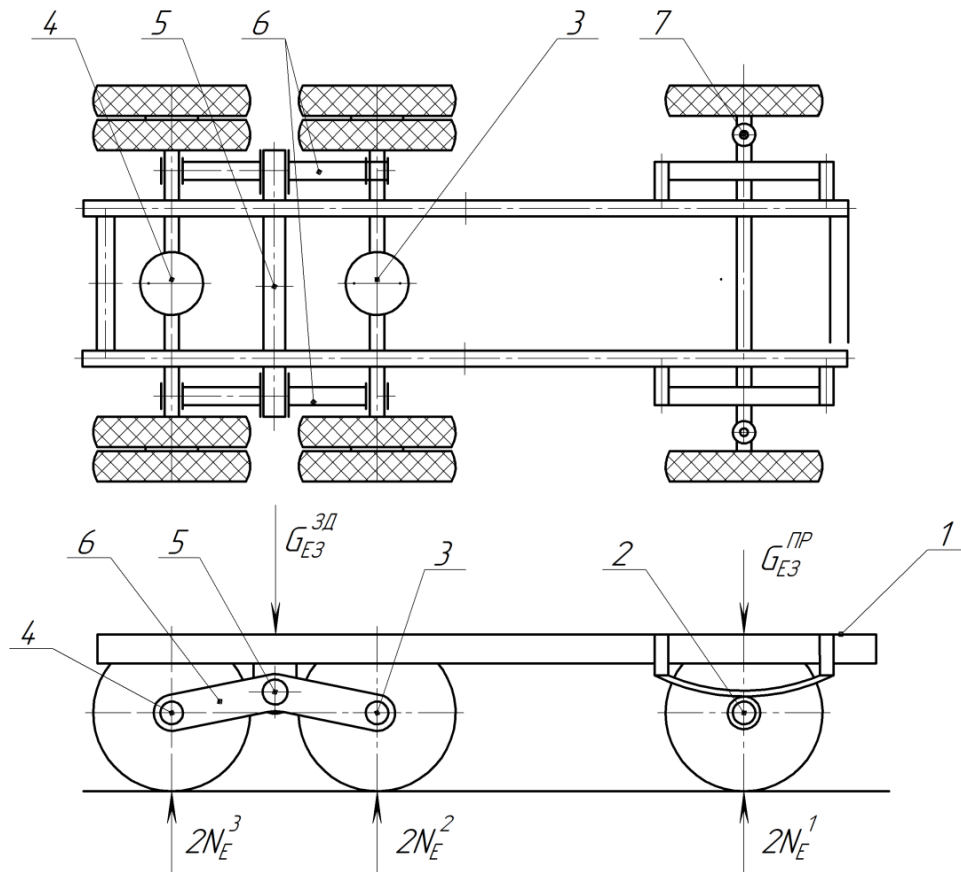
Величину реакції заднього колеса на дорогу визначимо за формулою

$$N_E^2 = N_E^3 = \frac{G_{E3}^{\text{зд}} \cdot k_1 \cdot k_2}{n}$$

де k_1 – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження, яке діє на вісь заднього візка ($G_{E3}^{\text{зд}}$) між середнім і заднім мостами; k_2 – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження між колесами на задніх мостах; n – кількість коліс на мості з одного боку.

Для розрахунків приймаємо що $k_1 = 0,55$ і $k_2 = 0,55$, $n = 2$.

$$N_E^2 = N_E^3 = \frac{224500,0 \cdot 0,55 \cdot 0,55}{2} = 33955,6$$



1 – рама автомобіля; 2 – передній міст (вісь); 3 – середній міст; 4 – задній міст; 5 – задня вісь балансира; 6 – балансир; 7 – колеса.

Рисунок 2.5 – Схема розміщення та завантаження коліс автомобіля

КрАЗ - 65055:

2.2.6 Визначення сили опору коченню коліс автомобіля-евакуатора по горизонтальній ділянці дороги

Сила опору коченню коліс автомобіля-евакуатора по дорозі складається із суми сил опору коченню передніх та задніх коліс. Значення сумарного опору коченню коліс по дорозі визначимо за формулою

$$F_E = f_{\text{пр}} \cdot G_{E3}^{\text{пр}} + f_{\text{зд}} \cdot G_{E3}^{\text{зд}}$$

де $f_{\text{пр}}$ – коефіцієнт опору коченню передніх коліс; $f_{\text{зд}}$ – коефіцієнт кочення задніх коліс.

Для спрощення розрахунків приймаємо, що $f_{\text{пр}} = f_{\text{зд}} = f_k$

Тоді можна записати, що

$$F_E = f_k \cdot G_3^E$$

Коефіцієнти опору коченню коліс по дорозі з різними покриттями встановлені експериментальним шляхом. Дані приведені в таблиці Для різних покриттів, різних видів ґрунтових доріг встановлені експериментальним шляхом величини коефіцієнтів опору коченню колеса по дорозі. Значення коефіцієнтів опору кочення колеса по дорозі в залежності від покриття приведено в таблиці 2.3 [].

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів опору кочення колеса в залежності від покриття дороги

Тип дорожнього покриття	Дорожнє покриття у доброму стані f_k
1	2
Асфальтна, асфальтобетонна і цементобетонна дорога	0,015 – 0,02
Гравійна дорога в доброму стані	0,02 – 0,025
Бруківка в доброму стані	0,025 – 0,030
Ґрунтова дорога (укочена)	0,025 – 0,003
після дощу	0,050 – 0,15
у період бездоріжжя	0,10 – 0,25

Для подальших розрахунків я приймаю, що евакуація відбувається по асфальтній дорозі з коефіцієнтом опору коченню колеса $f_k = 0,02$.

$$F_E = 0,02 \cdot 283500,0 = 5670,0$$

2.2.7 Визначення зусилля опору переміщення від схилу

В момент коли автомобіль-евакуатор рухається по похилій ділянці дороги на підйом виникає додатковий опір переміщенню по схилу, який суттєво зменшує сумарне тягове зусилля.

Схема дії сил на автомобіль-евакуатор під час переміщення його по дорозі на підйом приведено на рисунку 2.3.

Визначення зусилля опору руху від схилу визначимо за формулою

$$F_{оп}^E = G_3^E \cdot \sin\alpha$$

де G_3^E – загальна вага завантаженого евакуатора, Н; α – кут підйому дороги до горизонту, град.

Для розрахунків приймаємо що кут підйому дороги до горизонту становить $\alpha = 5^0$.

$$F_{оп}^E = 283500,0 \cdot \sin 5^0 = 2466,4$$

Величину реакції дороги на колеса евакуатора на схилі визначимо за формулою

$$N_3^E = G_3^E \cdot \cos\alpha$$

$$N_3^E = 283500,0 \cdot \cos 5^0 = 282366,0$$

2.2.8 Визначення сили опору кочення коліс автомобіля-евакуатора по похилій дорозі на підйом

Сумарну силу опору коченню коліс по дорозі визначимо за формулою

$$F_E = f_{\text{пр}} \cdot G_{E3}^{\text{пр}} \cdot \cos\alpha + f_{\text{зд}} \cdot G_{E3}^{\text{зд}} \cdot \cos\alpha$$

де $f_{\text{пр}}$ – коефіцієнт опору коченню передніх коліс; $f_{\text{зд}}$ – коефіцієнт кочення задніх коліс.

Спираючись на дані приведені в п. п. 2.2.6, 2.2.7 можна записати, що

$$F_E^1 = f_k \cdot N_{E3}$$

$$F_E^1 = 0,02 \cdot 282366,0 = 5647,3$$

2.2.9 Визначення інерційних сил під час розгону завантаженого автомобіля-евакуатора

На автомобіль, який рухається із прискоренням, під час розгону або гальмування, діють сили інерції. В цій роботі я не враховую сили інерції, які виникають під час гальмування.

Значення сили інерції під час розгону автомобіля-евакуатора визначимо за формулою [4]

$$P_I = m_{E3} \cdot a = \frac{G_{E3}}{9,81} \cdot \frac{V_1 - V_2}{t}$$

де m_{E3} – маса завантаженого автомобіля-евакуатора Н; a – прискорення руху м/с²; V_1 – початкова швидкість руху евакуатора м/с; V_2 – кінцева швидкість руху евакуатора м/с; t – час розгону с. Для розрахунків приймаємо, що час розгону автопоїзда від 0 до 25 км/год становить 30 секунд.

$$P_1 = \frac{283500,0}{9,81} \cdot \frac{6,94 - 0}{30,0} = 1685,3$$

2.2.10 Встановлення тягового зусилля автомобіль-евакуатора на зчпному приспособбленнї

Величину тягового зусилля на зчпному приспособбленнї, яке може реалїзувати автомобіль-евакуатор визначимо з рївняння тягового балансу яке можна записати у виглядї [5]

$$P_T = F_1 - (F_{оп} + F_E + P_1)$$

де F_1 – сила яку може створити автомобіль-евакуатор на зчпному приспособбленнї, Н.

Силу $F_{зч}$ визначимо з нерївностї

$$F_{дот} \geq F_1 \leq F_{зч}$$

Як бачимо з таблицї 2.1 на першїй пониженїй передачї двигун може створити силу на ведучих колесах по дотичнїй з дорогою $F_{дот} = 76597,88$ Н. Згїдно розрахункїв приведенїх в п. п. 2.2.4.2 розрахована сила зчеплення ведучих колїс з дорогою становить $P_{зч} = 67350,0$ Н.

$$76597,88 \geq F_1 \leq 67350,0$$

Як бачимо з нерївностї двигун на першїй пониженїй передачї створює силу на ведучих колесах по дотичнїй з дорогою бїльшу нїж сила зчеплення ведучих колїс з дорогою. Це говорить про те, що для дальшїх розрахункїв потрїбно брати $P_{зч}$ інакше автомобіль-евакуатор буде буксувати.

Визначимо значення тягової сили на зчпному приспособленні для першої пониженої передачі

$$P_T = 67350,0 - (2466,4 + 5670,0 + 1685,3) = 57528,3$$

Результати розрахунків тягової сили, яку може створити автомобіль-евакуатор на зчпному пристрої для інших передач зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Відомість розрахунку тягової сили на зчпному приспособленні автомобіля – евакуатора на відповідних передачах

Передача	Редукційне число	Розрахункова, сумарна дотична сила $F_{\text{дот}}$, Н	Розрахункова, тягова сила P_T , Н
1	2	3	4
Понижена передача роздаткової коробки ($n_{\text{рк}} = 1,31$)			
1 – ша	7,30	76597,88 (Fзч)	66776,18
2 – га	4,86	50955,30	41133,6
3 – тя	3,50	36725,01	26903,3
4 – та	2,48	26022,29	16200,59
5 – та	2,09	21930,08	12108,38
6 – та	1,39	14585,08	4763,38
7 – ма	1,00	10492,86	671,1
8 – ма	0,71	7449,93	-2371,8
Повишена передача роздаткової коробки ($n_{\text{рк}} = 0,95$)			
1 – ша	7,30	55543,65	45721,9
2 – га	4,86	36978,38	27156,7
3 – тя	3,50	26630,52	16808,8
Продовження таблиці 2.4			
1	2	3	4
4 – та	2,48	18869,62	9047,9
5 – та	2,09	15902,22	6080,5

6 – та	1,39	10576,12	745,4
7 – ма	1,00	7608,72	-2213,0
8 – ма	0,71	5402,19	-4419,5

2.3 Розрахунок потрібної тягової сили для евакуації автомобіля

2.3.1 Визначення зовнішніх сил, які діють на автомобіль який евакуюють

Як видно із рисунка 2.5 на автомобіль, якого евакуюють діють : тягова сила евакуаційного причепа на передні колеса автомобіля; вага автомобіля; реакція дороги на задні колеса; сила опору коченню задніх коліс по дорозі; опір від схилу дороги; сили інерції під час нерівномірного руху.

Схема дії зовнішніх сил на автомобіль під час його евакуації за передню вісь приведена на рисунку 2.5.

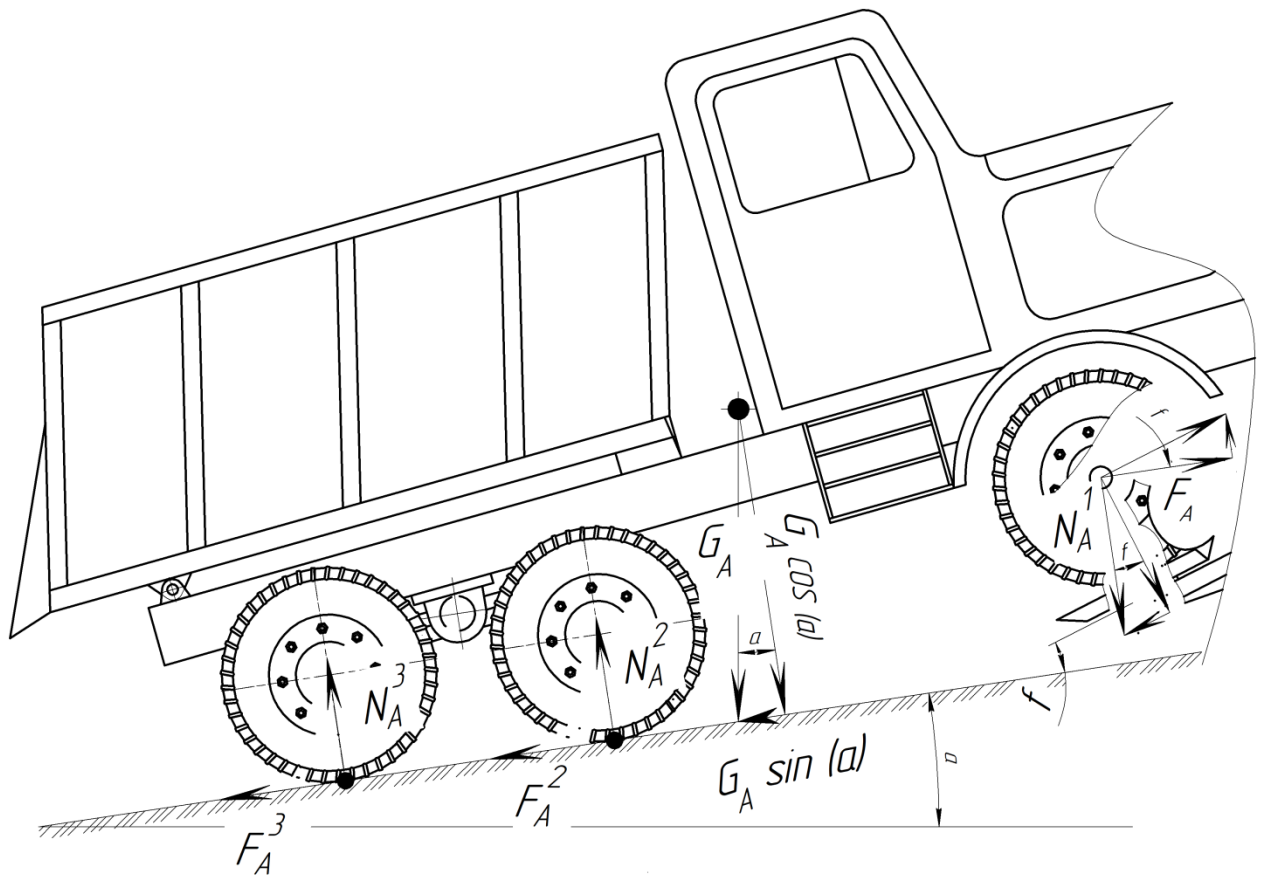


Рисунок 2.5 – Схема дії зовнішніх сил на автомобіль під час його евакуації за передню вісь

2.3.2 Визначення сили опору переміщення автомобіля від схилу

Під час евакуювання автомобіля, по схилу виникає додатковий опір переміщенню.

Схема дії сил від ваги евакуатора приведено на рисунку 2.3.

Вила опору переміщенню автомобіля від схилу визначимо за формулою

$$F_{\text{оп}}^A = G_A^1 \cdot \sin \alpha$$

де G_A^1 вага не завантаженого автомобіля, який евакуюють, Н.

Згідно даних приведених в таблиці 1.1 вага спорядженого не завантаженого автомобіля становить $G_A^1 = 123000,0$ Н.

$$F_{оп}^A = 123000,0 \cdot \sin 5^\circ = 10701,0$$

2.3.3 Визначення сили опору коченню задніх коліс автомобіля під час його евакуації по асфальтній дорозі

Зусилля опору коченню задніх коліс не завантаженого автомобіля під час його евакуації по дорозі визначимо за формулою

$$F_A = f_k \cdot G_A^{зд}$$

де $G_A^{зд}$ - вага не завантаженого автомобіля, яка діє на задні колеса, Н; f_k – коефіцієнт опору коченню коліс по асфальтній дорозі [].

Згідно даних з технічної характеристики таблиці 1.1 [3] для не завантаженого автомобіля $G_A^{зд} = 81000,0$ Н

$$F_A = 0,02 \cdot 81000,0 \cdot \cos 5^\circ = 1613,52$$

2.3.4 Встановлення інерційних зусиль, які діють на автомобіль під час буксирування його з прискоренням

Для не завантаженого автомобіля

$$P_i^A = \frac{G_A}{9,81} \cdot \frac{V_1 - V_2}{t}$$

$$P_I^A = \frac{123000,0}{9,81} \cdot \frac{6,94 - 0}{30} = 1910,09$$

2.4 Розрахунок потрібної тягової сили для переміщення причепа-евакуатора

2.4.1 Встановлення зовнішніх сил, які діють на причеп-евакуатор

Як видно із рисунка 2.6 на причеп-евакуатор діють такі сили: вага передньої частини автомобіля, який евакуюють; вага причепа-евакуатора; реакція дороги на колеса причепа евакуатора; сила опору переміщення причепа від схилу; сила опору коченню коліс причепа-евакуатора по дорозі; тягова сила з боку автомобіля-евакуатора.

2.4.2 Визначення сили з якою колеса передньої осі автомобіля діють на раму причепа -евакуатора

Згідно технічних даних, які приведені в таблиці 1.1, сила яка діє на передню вісь не завантаженого автомобіля становить

$$G_A^{\text{пер}} = 42000,0 \text{ Н}$$

Значення вертикальної сили, яка діє на раму причепа-евакуатора визначимо за формулою

$$N_1 = G_A^{\text{пер}} \cdot \cos \alpha$$

$$N_1 = 42000,0 \cdot \cos 5^\circ = 41832,0$$

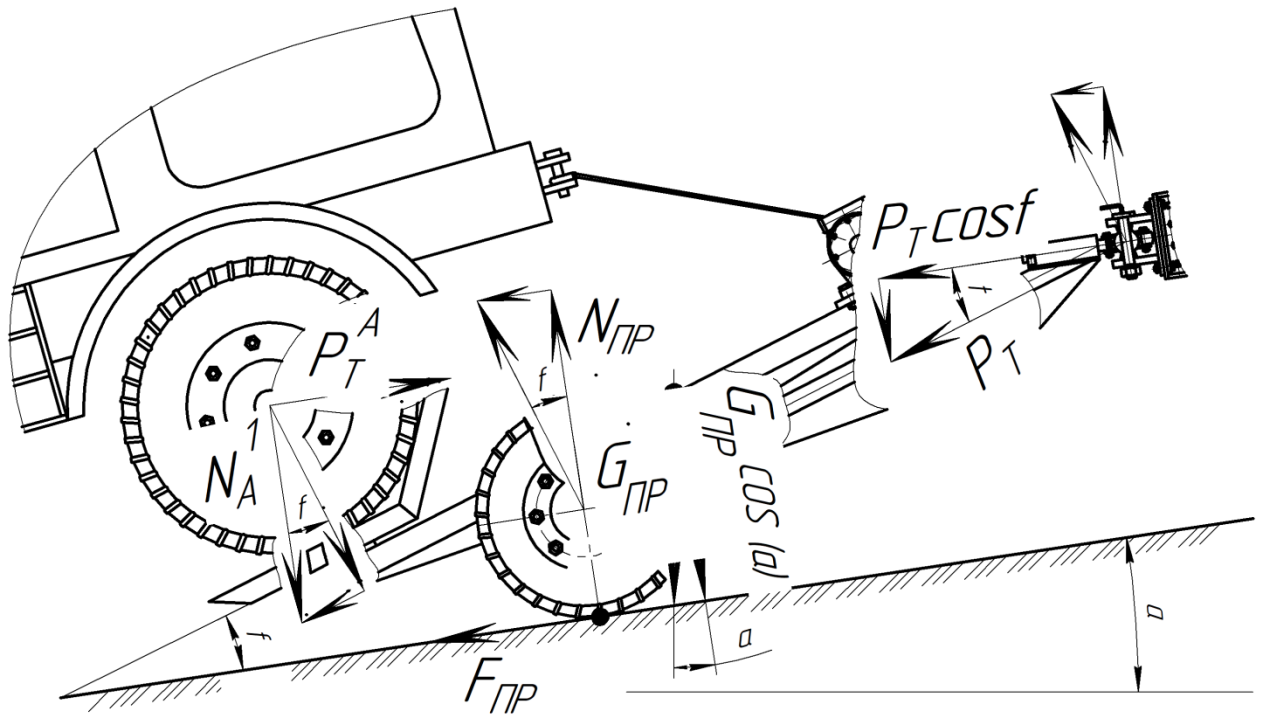


Рисунок 2.6 - Схема дії зовнішніх сил на причеп евакуатор під час евакуації автомобіля.

2.4.3 Визначення сили опору переміщення причепа-евакуатора від схилю

Вагу причепа-евакуатора приймаємо рівною

$$G_{\text{пр}} = 7500,0 \text{ Н}$$

Силу опору переміщенню причепа-евакуатора від схилю визначимо за формулою

$$F_{\text{оп}}^{\text{пр}} = G_{\text{пр}} \cdot \sin \alpha$$

$$F_{\text{оп}}^{\text{пр}} = 7500,0 \cdot \sin 5^{\circ} = 652,5$$

2.4.4 Визначення сили опору коченню коліс причепа-евакуатора під час евакуації автомобіля по асфальтній дорозі

Силу опору коченню коліс причепа-евакуатора по дорозі визначимо за формулою

$$F_{\text{пр}} = f_{\text{к}} \cdot N_{\text{пр}}$$

де $N_{\text{пр}}$ - реакція дороги на колеса причепа-евакуатора, Н.

Величину реакції дороги на колеса причепа-евакуатора визначимо із рівняння суми моментів від сил відносно центра причіпного пристосування автомобіля-евакуатора, точки А.

Рівняння суми моментів від сил, які діють на причеп-евакуатор запишемо у вигляді

$$N_{\text{пр}} \cdot a = N_1 \cdot (a + b) + G_{\text{пр}} \cdot \cos \alpha \cdot c$$

Тоді

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_1 \cdot (a + b) + G_{\text{пр}} \cdot \cos \alpha \cdot c}{a}$$

Конструктивно приймаємо, що $a = 1,8$ м, $b = 1,1$ м, $c = 1,5$ м.

$$N_{\text{пр}} = \frac{41832,0 \cdot (1,8 + 1,1) + 7500,0 \cdot \cos 5^\circ \cdot 1,5}{1,8} = 73621,0$$

$$F_{\text{пр}} = 0,002 \cdot 73621,0 = 1472,4$$

2.4.5 Встановлення інерційних зусиль, які діють на причеп-евакуатор під час буксирування його з прискоренням

Величину інерційних зусиль визначимо за формулою

$$P_I^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{9,81} \cdot \frac{V_1 - V_2}{t}$$

$$P_I^{\text{пр}} = \frac{7500,0}{9,81} \cdot \frac{6,94 - 0}{30,0} = 176,9$$

2.5 Рівняння балансу сил для автомобіля, який евакуюють причепом евакуатора

Тягова сила, з боку автомобіля евакуатора, прикладена до зчіпного пристосування причепа-евакуатора повинна бути рівною або більшою за

$$P_T \geq F_{\text{оп}}^A + F_A + P_I^A + F_{\text{оп}}^{\text{пр}} + F_{\text{пр}} + P_I^{\text{пр}}$$

Для не завантаженого автомобіля, який евакуюють

$$P_T \geq 10701,0 + 1613,52 + 1910,09 + 652,5 + 1472,4 + 176,9$$

$$P_T \geq 14401,9$$

Спираючись на дані таблиці 2.4 можна сказати, що автомобіль-евакуатор на базі автомобіля КрАЗ – 65055 може евакуювати по мокрій

асфальтовій дорозі з кутом нахилу 5° , на підйом, автомобіль самоскид КрАЗ-6511 С4 у не завантаженому стані на четвертій пониженій і на третій підвищеній передачі.

2.6 Заходи з техніки безпеки під час евакуації автомобіля

Евакуація автомобіля є досить поширеною процедурою, однак вона може становити певні ризики, якщо не дотримуватися правил безпеки. Щоб уникнути неприємних наслідків, водію варто знати та виконувати певні рекомендації фахівців.

2.6.1 Підготовка автомобіля до евакуації

Дуже важливо ретельно підготувати автомобіль до процедури евакуації. На цьому етапі першочерговим є переконатися в наявності справної буксирної тяги, гака або зчіпного пристосування. Якщо їх немає або вони пошкоджені, обов'язково заздалегідь потрібно попередити про це диспетчера евакуаційної служби. Це дозволить фахівцям приїхати з необхідним спеціальним обладнанням для безпечного зачеплення та уникнути затримок та ускладнень на місці.

Після цього слід обов'язково вимкнути двигун та перевірити, щоб усі двері були щільно зачинені. Це мінімізує ризики раптового руху авто під час процедури евакуації.

Також дуже важливо заздалегідь максимально прибрати з салону усі вільні предмети, що можуть переміщуватися під час транспортування та пошкодитися самі чи пошкодити салон:

Крім того, обов'язково докладно попередьте диспетчера про всі наявні пошкодження чи технічні особливості вашого конкретного автомобіля. Ця інформація допоможе фахівцям краще підготуватися, обрати оптимальний спосіб транспортування та уникнути зайвих ризиків по дорозі.

2.6.2 Правила техніки безпеки під час евакуації автомобіля

Сам процес евакуації також вимагає пильної уваги та обережності. Перш за все, під час зачеплення автомобіля евакуатором треба перебувати на безпечній відстані 5-6 метрів. Це убезпечить від раптового руху чи удару канатом.

Категорично заборонено сідати до евакуйованого автомобіля під час транспортування. Найбільш безпечний варіант — рухатися в кабіні евакуатора разом з водієм. Це вбереже від різких поштовхів чи перекидання.

Водій евакуйованого авто повинен бути максимально уважним під час руху, стежити за дорогою і своєчасно попереджати водія евакуатора про будь-які перешкоди чи небезпечні ділянки: ями, круті повороти, вузькі проїзди, низькі естакади тощо.

Категорично заборонено намагатися самостійно керувати чи гальмувати евакуйованим автомобілем під час транспортування — це може призвести до втрати контролю для водія евакуатора. Керування має здійснювати тільки професіонал.

Після транспортування обов'язково ретельно огляньте автомобіль, щоб виявити та зафіксувати будь-які нові пошкодження, отримані під час евакуації.

Авто має бути надійно залишене на стоянковому гальмі, а під колеса бажано підкласти спеціальні упори чи «башмаки», щоб виключити самовільне переміщення.

3 РОЗРАХУНОК ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПРИЧЕПА-ЕВАКУАТОРА

3.1 Обґрунтування доцільності використання причепа-евакуатора

В цьому розділі бакалаврської роботи я розробляю конструктивну схему причепа-евакуатора для евакуації автотранспорту який агрегатується із автомобілями загального призначення наприклад автосамоскидами марки КрАЗ - 65055. Технічна характеристика автомобіля приведена в таблиці 1.1 цієї роботи.

Запропонована схема причепа-евакуатора дозволяє використовувати атомобілі за їхнім призначенням, а при потребі кріпити до них розроблене устаткування і використовувати їх в ролі евакуаторів. Запропонована конструктивна схема передбачає використання сконструйованого одновісного причепа, який оснащений устаткуванням для часткового завантаження автотранспорту, за передню вісь, і транспортування його в пів завантаженому стані до місць призначення.

Такі евакуатори можна використовувати для евакуації автобусів, вантажних автомобілів, автомобілів з півпричіпами любых типів, дорожньої і будівельної техніки.

3.2 Опис технологічного процесу завантаження та евакуації автомобіля

Схема технологічного процесу завантаження та евакуації автомобіля приведена на рисунку 3.1.

На рисунку 3.1 а показано момент завантаження автомобіля на причеп-евакуатор.

Евакуація автомобіля з причепом-евакуатором проходить наступним чином. Автомобіль подає приєднаний до нього причеп-евакуатор, по можливості ближче до передніх коліс автомобіля який евакуують.

Гідроциліндром 6

повертають раму 7 проти годинникової стрілки до моменту впирання поворотної рами 11 до землі. Після цього з барабана лебідки 8 розмотують

тяговий канат 10 і приєднують його до переднього зчіпного пристосування автомобіля 2.

Вмикають в роботу лебідку 8, в результаті чого тяговий канат 10 зтягує автомобіль 2 передніми колесами на поворотну раму 11. Закріплюємо передню вісь автомобіля до поворотної рами 11. Після цього, гідروциліндром 6 повертаємо раму 7 за годинниковою стрілкою у вихідне положення, в результаті чого передня вісь автомобіля буде піднята від землі. Цей момент показаний на рисунку 3.1 б.

В такому положенні причепа-евакуатора автомобіль 1 може евакуювати автомобіль 2.

3.3 Огляд конструкції причепа-евакуатора

Конструктивна схема причепа-евакуатора приведена на рисунку 3.2.

Причеп-евакуатор складається із

3.4 Встановлення зусиль, які виникають у вузлах причепа-евакуатора

Розрахункова схема для встановлення сил, які виникають у вузлах причепа-евакуатора приведена на рисунку 3.3.

3.4.1 Встановлення величини натягу в канаті лебідки під час зтягування передньої осі автомобіля на поворотну платформу причепа-евакуатора

Згідно розрахункової схеми приведеної на рисунку 3.3 величину натягу канату визначимо за формулою

$$P_K = \frac{P_T}{\sin j}$$

де P_T - потрібна тягова сила для затягування автомобіля, Н; j – кут нахилу канату, град.

В розділі 2.5 розраховано потрібну тягову силу для переміщення причепа-евакуатора разом із автомобілем по похилій ділянці дороги (яка становить 14401,9 Н) але для визначення зусилля в канаті приймаємо, що автомобіль затягують на поворотну платформу у важких умовах, в результаті для розрахунків приймаємо, що

$$P_T = 14401,9 \cdot 2,5 = 36004,7$$

$$P_K = \frac{36004,7}{\sin 45^0} = 50926,0$$

Знаючи зусилля в канаті визначимо потрібне розривне зусилля канату за формулою

$$P_K^{роз} = P_K \cdot k_1$$

де k_1 – запас міцності канату. Для даних умов приймаємо, що $k_1 = 2$.

$$P_K^{роз} = 50926,0 \cdot 2 = 101852,0$$

3.4.2 Визначення потрібної сили в гідроциліндрі для повертання рами

Потрібну силу в гідроциліндрі визначимо із рівняння суми моментів відносно точки А (точки повертання рами).

$$N_1 \cdot b = G_P \cdot n + G_L \cdot \cos f \cdot c + P_\Gamma \cdot (c + d)$$

де N_1 – сила з якою передні колесо автомобіля діють на поворотну раму причепа, Н; b – плече дії сили відносно точки А, м; G_P – вага рами, Н; G_L – вага лебідки, Н; P_Γ – потрібна сила на штоку гідроциліндра, Н.

Згідно розрахунків приведених в другому розділі в п. п. 2.4.2 $N_1 = 41832,0$ Н. для розрахунків приймаємо, що $G_P = 2000,0$ Н, $1500,0$ Н.

Конструктивно приймаємо, що $b = 1,1$ м, $c = 1,5$ м, $d = 0,4$ м.

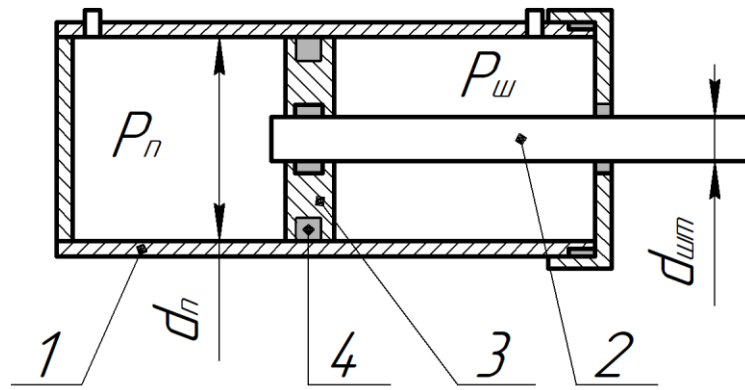
$$P_\Gamma = \frac{N_1 \cdot b - G_P \cdot n - G_L \cdot \cos f \cdot c}{c + d}$$

$$P_\Gamma = \frac{41832,0 \cdot 1,1 - 2000,0 \cdot 0,4 - 1500,0 \cdot \cos 20^\circ \cdot 1,5}{c + d} = 23652,4$$

3.5 Розрахунок потрібних параметрів гідроциліндра

3.5.1 Визначення внутрішнього діаметра циліндра

Схему для розрахунку гідроциліндра приведено на рисунку рисунку 3.4.



1 – циліндр; 2 - шток; 3 – поршень; 4 – ущільнення.
 Рисунок 3.4 – Схема для розрахунку гідроциліндра:

Як бачимо із рисунка 3.3 гідроциліндр, в нашому випадку працює штоковою порожниною.

Зусилля яке може розвинути гідроциліндр штоковою порожниною визначимо за формулою

$$P_{\Gamma} = p_{\text{ш}} \cdot (S_{\text{п}} - S_{\text{ш}})$$

де F_{Γ} – зусилля яке може розвинути гідроциліндр на штоку Н; $S_{\text{п}}$ – площа поршня м^2 ; $p_{\text{ш}}$ – напір в штоковій порожнині циліндра Па; $S_{\text{ш}}$ – площа поперечного січення штока м^2 .

У нашому випадку шток гідроциліндра працює на розрив. Потрібну площу поперечного січення штока визначимо за формулою

$$S_{\text{ш}} = \frac{P_{\Gamma}}{[\sigma_{\text{роз}}]}$$

де $[\sigma_{\text{роз}}]$ – допустиме напруження в матеріалі штока на розрив, Н/м^2 .

$$S_{\text{ш}} = \frac{23652,4}{1,6 \cdot 10^7} = 0,000148$$

Потрібний діаметр штока визначимо за формулою

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$$

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00148}{3,14}} = 0,012$$

Враховуючи можливість виникнення непередбачуваних розрахунком динамічних випадкових навантажень приймаємо, що $d_{\text{ш}} = 0,03$ м.

$$S_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} = 0,0007$$

Для розрахунків приймаємо, що напір в гідросистемі самосвала становить 2000 Па.

Потрібний діаметр поршня визначимо за формулою

$$S_{\text{п}} = \frac{P_{\Gamma} \cdot k_1}{p_{\text{ш}}} + S_{\text{ш}}$$

k_1 – коефіцієнт можливого перевантаження гідроциліндра. Для розрахунків приймаємо, що $k_1 = 2$.

$$S_{\text{п}} = \frac{23652,4 \cdot 2}{2,0 \cdot 10^6} + 0,0007 = 0,0237$$

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0237}{3,14}} = 0,075$$

Конструктивно приймаємо гідроциліндр з діаметром поршня $d_{\Pi} = 0,08$ м.

3.5.2 Визначення потрібної товщини стінки гідроциліндра

Потрібну товщину стінки гідроциліндра визначимо за формулою

$$\delta = \frac{p_{\Pi} \cdot d_{\Pi}}{2 \cdot [\sigma_p]}$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження в матеріалі циліндра на розрив Па.

Допустиме напруження в матеріалі циліндра на розрив визначимо за формулою

$$[\sigma_p] = \frac{[\sigma_{р\tau}]}{n}$$

де $[\sigma_{р\tau}]$ – тимчасовий опір на розтягування. Для сталі $[\sigma_{р\tau}] = 240$ мПа; n – коефіцієнт запасу міцності. Для гідроциліндрів $n = 3$.

$$[\sigma_p] = \frac{240}{3} = 80,0 \text{ мПа}$$

$$\delta = \frac{2,0 \cdot 10^6 \cdot 0,08}{2 \cdot 8,0 \cdot 10^5} = 0,006 \text{ м}$$

Конструктивно приймаємо $\delta = 0,007 \text{ м}$.

ВИСНОВКИ

В першому розділі «Виробнича діяльність ТзОВ «КАМІОН ЮМ» охарактеризовано виробничу діяльність підприємства. Зроблено огляд конструкцій евакуаторів які застосовуються підприємством і зокрема їхнього технологічного устаткування. Описано класифікування конструктивних схеми різних видів автомобілів-евакуаторів для евакуювання вантажних автомобілів. Зроблено аналіз конструкцій технологічного устаткування автомобілів-евакуаторів, які оснащені: лебідкою та транспортувальною платформою з виїзними апарелями; лебідкою та транспортувальною яка має можливість заднім краєм заїжджати із рами автомобіля-евакуатора на землю; навісним технологічним устаткуванням для евакуювання важковагових автомобілів

В цьому розділі я зробив оглядовий аналіз стану сучасного автомобільного ринку вантажного автотранспорту в країні та обґрунтував вибір автомобіля для ролі евакуатора з причіпним технологічним устаткуванням схема якого розроблено в третьому розділі. Для базового автомобіля вибраний автомобіль самосвал КрАЗ 65055, який працює по призначенню на підприємстві, а при потребі до нього причіпляють запроєктоване причіпне евакуаційне устаткування. Приведено технічну характеристику двигуна та трансмісії автомобіля КрАЗ 65055.

В другому розділі «Складання рівняння суми сил, які діють в автопотягу під час евакуації автотранспорту» зроблено: складено

розрахункову схему для визначення зовнішніх сил, які діють в автопотягу під час його руху по похилій ділянці дороги на підйом. Зроблено розрахунок балансу сил під час руху автопотягу та визначено потрібне значення тягової сили на причіпному буксирувальному пристосібленні під час руху тягача на різних передачах коробки швидкостей і роздавальної коробки. Спираючись на дані розрахунків можна сказати, що автомобіль-квакуатор на базі автомобіля КрАЗ – 65055 може евакуювати по мокрій асфальтовій дорозі з кутом нахилу 5° , на підйом, автомобіль самоскид КрАЗ-6511 С4 у не завантаженому стані на четвертій пониженій і на третій підвищеній передачі.

В третьому розділі “Розрахунок запропонованої конструктивної схеми причепа-евакуатора“ зроблено конструкцію технологічного обладнання причепа-евакуатора та описано його роботу. Зроблено розрахунок сил, які виникають в конструкції причепа-евакуатора під час завантаження автомобіля який евакуюють. Визначено силу в тяговому канаті під час зтягування автомобіля на причеп-евакуатор. Зроблено розрахунок гідроциліндра який управляє рамою причепа.

Перевагою запропонованої конструкції причепа-евакуатора є те, що: базовим автомобілем тягачем є типовий автомобіль самоскид марки КрАЗ - 65055, який використовується за призначенням на підприємстві, а при потребі, до нього причіпляють запроєктований мною причеп-евакуатор і він автоматично стає евакуатором.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Безпека дорожнього руху та автотранспортне право. Конспект лекцій для студентів спеціальності "Автомобілі та автомобільне господарство" усіх форм навчання / Уклад. В. Кищун. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2006. - 155с.
2. Зеркалов Д. В. та ін. Безпека руху автомобільного транспорту: Довідник. - К.: Основа, 2002. - 360 с.

3. Безсмертний В. О. і ін. Основи керування автомобілем і безпека руху: Підручник / В. О. Безсмертний, З. Д. Дерех, В. В. Іщенко.- К.: Вища шк., 1996.- 202 с.

4. Гатаса Т. І. В. і ін. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. - К.: Український центр післяаварійного захисту "Експерт-сервіс", 1995.-192 с.

5. Юридичний довідник автомобіліста / Упор. М. І. Мельник, М. І. Хавронюк.-К.: Оранта-прес, 1998.-300с.

6. Автомобільний транспорт в Україні. Нормативна база. - К.: КНТ, АТКА, 2004.-504 с.

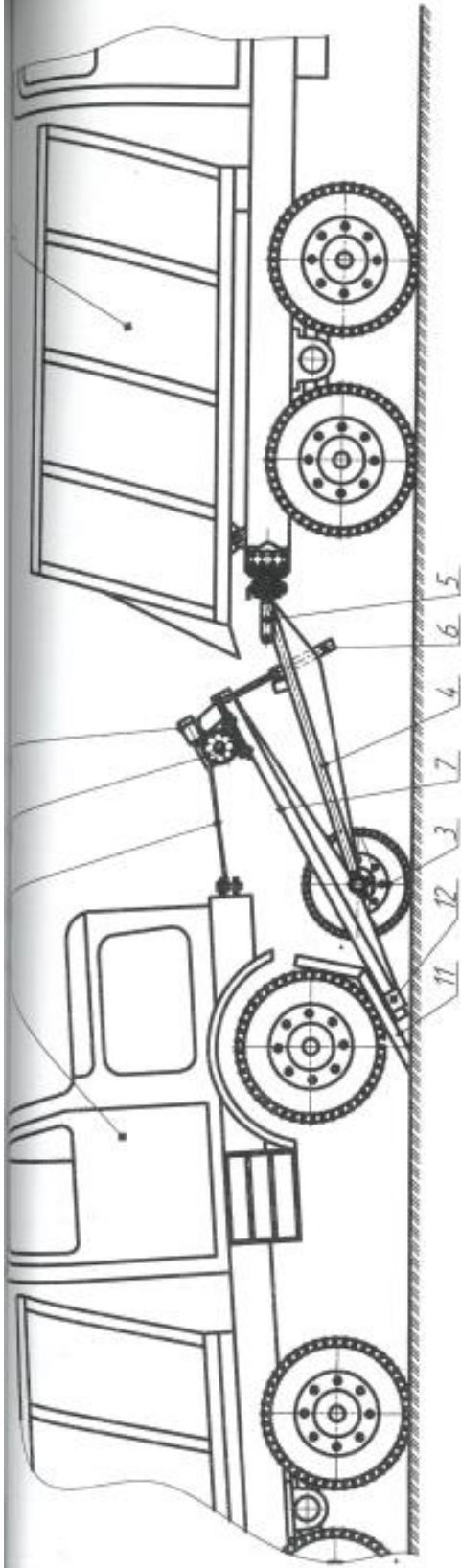
7. Деталі машин. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Автоматизовані логістичні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Ю.П.Горбатенко.– електронні текстові дані (1 файл: 16,1 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 190 с.

8. Бабенко А.С. та ін. Механіка матеріалів і конструкцій частина 1. Просте навантаження. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Бабенко А.С. та ін. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 190 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/319cad55-3d27-48f5-9244-34fc1f9477d8/content> (дата доступу 04.05.2024р)

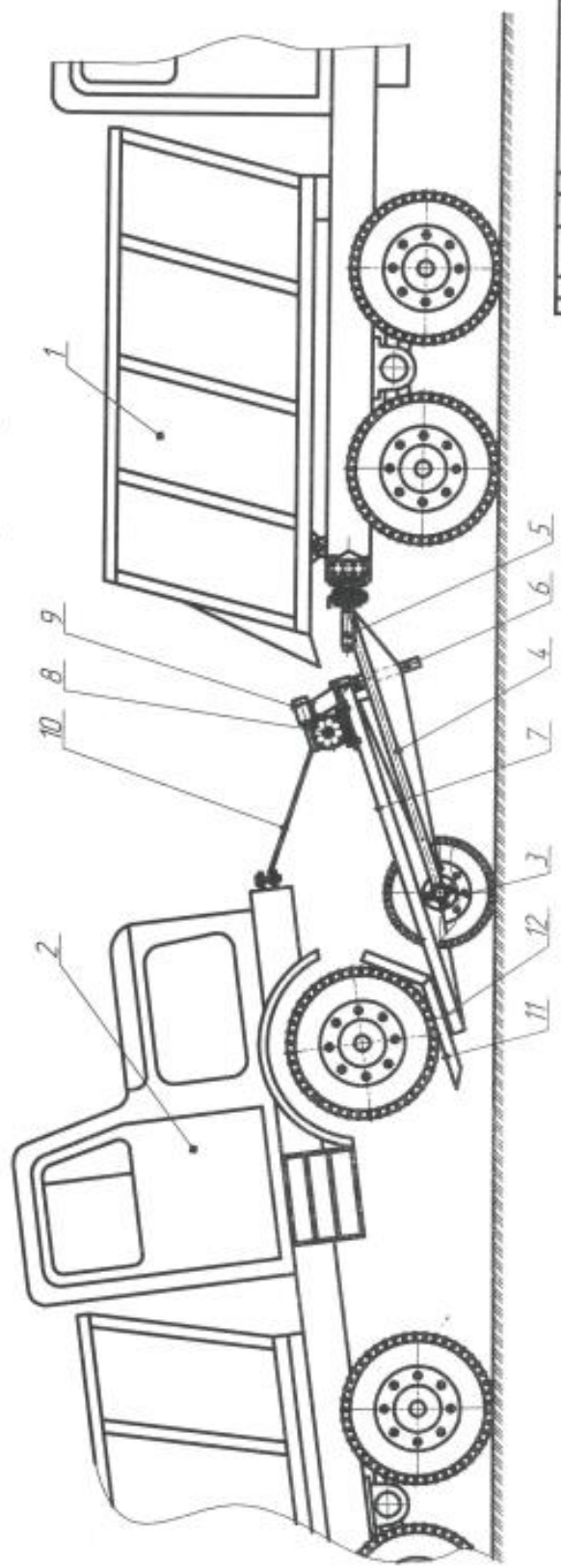
9. Розрахунки на зріз і зминання. [Електронний ресурс].
<https://studfile.net/preview/9277595/page:2/> (дата доступу 04.05.2024р)

10 <https://banga.ua/pages/zapchasti-kraz-dokumentatsiya/rukovodstvo-po-jekspluatacii-kraz-260/515-tehnicheskie-dannye-kraz-260> Технічна характеристика автомобіля КрАЗ-260

Додатки

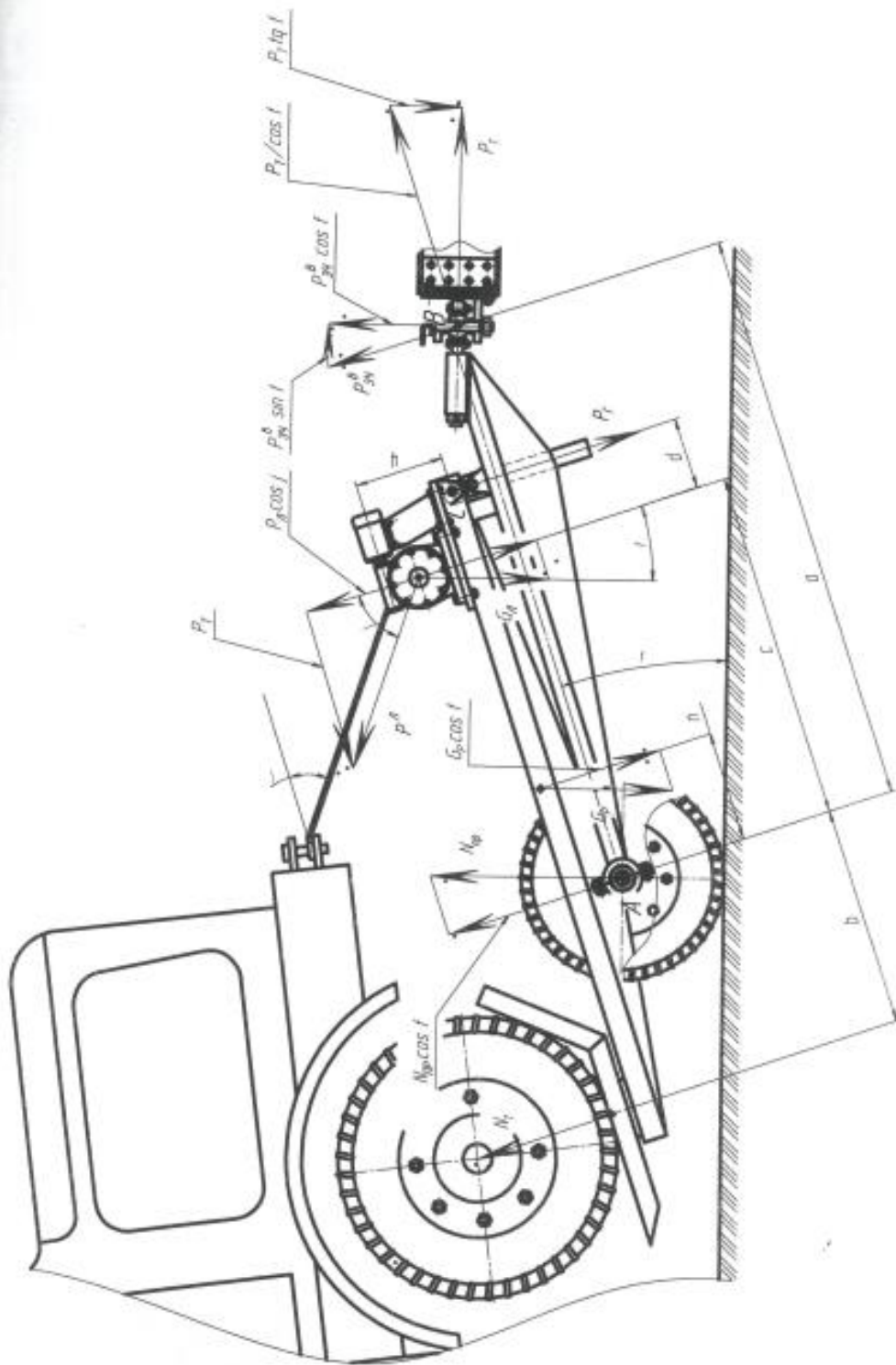


а - момент завантаження автомобіля на евакуаційний причіп



б - автомобіль завантажений на евакуаційний причіп

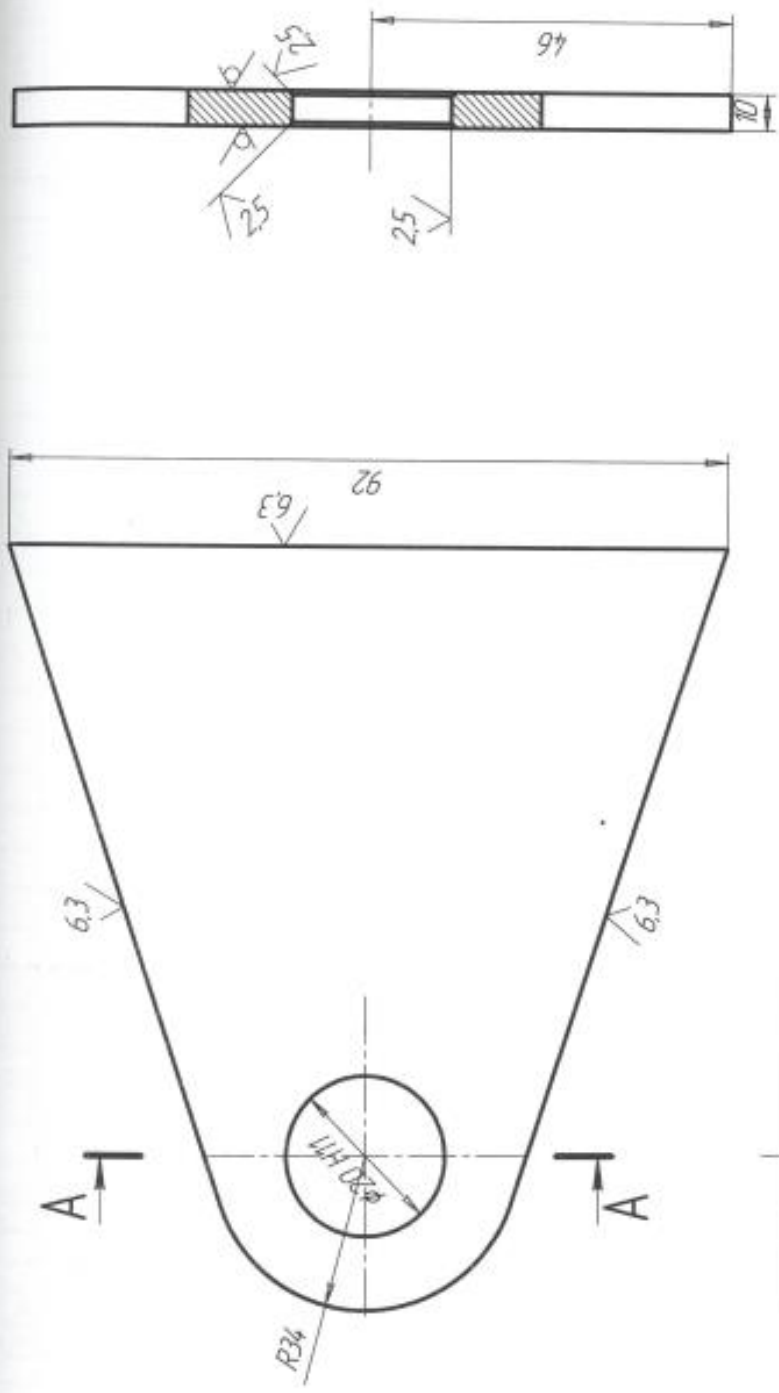
КР 19104-4БР12 03100100СХ	
Завантаження автомобіля на евакуаційний причіп	1/500
Кордони ЛТЗ м.п. АД	1973
с.п.п. 84-1	



КР-11108 ИБР1202-00202 СК	
Исполнитель	Иванов
Проверен	Петров
Утвержден	Сидоров
Дата	15.07
Лист	1 из 1
Масштаб	1:1
Материал	Сталь
Сварка	Сварка
Категория	АВН по АН
Спецификация	Спецификация

ИЗМ. №	2	ИЗМ. №	1	ИЗМ. №	1	ИЗМ. №	1	ИЗМ. №	1
--------	---	--------	---	--------	---	--------	---	--------	---

6.3 (✓)





1 Неказані граничні відхилення розмірів Н14, h14, +f14/2
 2 Неказані фаски робити 1,5*45



КР.131НБР.1.2.03.01.01.27		Дата	Масштаб	Масштаб
Вухо		Лист	Лист	Лист
Ст. ГОСТ 380-88		НЛТУ України		
		Ст. зр. НТ-41		
		Формат А3		
Відомості	№ докум.	Лист	Лист	
Розроб.	Майбутній Б			
Проєкт.	Головний В. М.			
Конструктор				
Начальник				
Мод.				

Лист № докум.	Лист у даної	Лист № докум.	Лист у даної	Лист № докум.	Лист у даної	Лист № докум.	Лист у даної
---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------	--------------

			Позначення	Назва	К-сть	Прим.
				<u>Документація</u>		
			КР.131.04.ІН.І.2.03.00.00.СК	Складальне креслення		
			КР.131.04.ІН.І.2.03.00.00	<u>Збірні одиниці</u>		
	3		КР.131.04.ІН.І.2.03.01.00	Колесо в зборі		
	4		КР.131.04.ІН.І.25.03.02.00	Дишло в зборі		
	5		КР.131.04.ІН.І.2.03.03.00	Зчпне приспособлення		
	6		КР.131.04.ІН.І.2.03.04.00	Гідроциліндр		
	7		КР.131.04.ІН.І.2.03.05.00	Рама		
	8		КР.131.04.ІН.І.2.03.06.00	Лебідка в збор		
	9		КР.131.04.ІН.І.2.03.07.00	Електродвигун		
	10		КР.131.04.ІН.І.2.03.08.00	Канат		
	11		КР.131.04.ІН.І.25.03.09.00	Поворотна рама		
	12		КР.131.04.ІН.І.2.03.10.00	Шарнір в зборі		
				<u>Деталі</u>		
	13		КР.131.04.ІН.І.2.03.07.11	Основа шарніра		
	14		КР.131.04.ІН.І.2.03.07.12	Втулка		
	15		КР.131.04.ІН.І.2.03.07.15	Гайка		
	16		КР.131.04.ІН.І.2.03.07.16	Палець		
	17		КР.131.04.ІН.І.24.03.07.17	Шарнір		
	18		КР.131.04.ІН.І.2.03.07.18	Пластина		
	19		КР.131.04.ІН.І.2.03.02.19	Хомут		
	20		КР.131.04.ІН.І.2.03.02.20	Хомут		
	21		КР.131.04.ІН.І.2.03.02.21	Вісь		
	22		КР.131.04.ІН.І.2.03.02.22	Втулка		
	23		КР.131.04.ІН.І.2.03.08.23	Хомут		
	24		КР.131.04.ІН.І.2.03.08.24	Упор		
	25		КР.131.04.ІН.І.2.03.08.25	Вухо		
				КР.131.04.ІН.І.2.03.00.00.ПЗ.		
	Аркуш	№ докум.	Підп	Дат	Літер	Маса
	Розробив	Кавка Ю. Б.				
	Перевірів	Гобела В.М.				
	Н. Контр.				НЛТУ України Ст.гр. ІН-41	