

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка до дипломної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Удосконалення пожежного аварійно-рятувального автомобіля»

ХАІ.107.163т.24В.274. 1801053.ПЗ

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

Галузь знань 27 Транспорт

(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне
господарство

(найменування)

Іванющенко В. А.

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Кобріна Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Аргун Щасяна Валіковна

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет Літакобудування
(повне найменування)
Кафедра № 107 «Автомобілів та транспортної інфраструктури»
(повне найменування)
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 27 Транспорт
(код та найменування)
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код та найменування)
Освітня програма Автомобілі та автомобільне господарство
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри

Наталія КОБРИНА

(підпис) (ініціали та прізвище)

«20» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Іванющенко Валерій Андрійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

- Тема кваліфікаційної роботи «Удосконалення пожежного аварійно-рятувального автомобіля»
керівник кваліфікаційної роботи к.т.н., доцент Кобрина Наталія Віталіївна.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №11530-уч від «31» «10» 2023 року.
- Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 19.01.2024 року.
- Вихідні дані до роботи Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. Інструкції базових шасі та матеріали, які використовуються при виготовленні пожежної та аварійно-рятувальної техніки.
- Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) Спроекувати пожежний аварійно-рятувальний автомобіль, який відповідає сучасним вимогам та враховує основні тенденції розвитку пожежного машинобудування. В основу концепції спроектованої машини закладено

економічність, мінімальні витрати на проектування, виготовлення та експлуатацію.

5. Перелік графічного матеріалу презентація у вигляді слайдів в кількості 16 шт.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний розділ	к.т.н., доцент Кобріна Н.В.	10.10.2023	31.10.2023
Практичний розділ	к.т.н., доцент Кобріна Н.В.	31.11.2023	10.01.2024

Нормоконтроль _____ Наталія КОБРИНА « 16 » січня 2024р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналітична частина	31.10.23	
2	Практична частина	25.11.23	
3	Оформлення пояснювальної записки	10.12.23	
4	Подання дипломної роботи до кафедри	10.01.24	

Здобувач _____
(підпис)
Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Іванющенко В.А
(ініціали та прізвище)
Кобріна Н. В.
(ініціали та прізвище)

Зміст

ВСТУП	
1 СТАН ПИТАННЯ	
1.1 Аналіз аварійно-рятувальних робіт, пов'язаних із гасінням пожеж підрозділів «ДСНС України» за 2020–2021 р	
1.2 Аналіз використання спеціальної пожежної техніки	
1.3 Аналіз наявності та стану пожежної техніки	
2 ТЕХНІКА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ	
2.1 Закордонні автомобілі	
2.2 Вітчизняні автомобілі	
3 КОНСТРУЮВАННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ	
3.1 Призначення та сфера застосування АРА	
3.2 Сучасна концепція розвитку аварійно-рятувальних автомобілів	
3.3 Вибір шасі, силового агрегату та пожежної надбудови	
4. РОЗРОБКА ПОЖЕЖНИХ МОДУЛІВ НАДБУДОВИ АВТОМОБІЛЯ	
4.1 Розробка модуля порошкового гасіння	
4.1.1 Розрахунок мобільних установок порошкового гасіння	
4.2 Розробка модуля газового гасіння	
5. КОМПОНЮВАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ	
5.1 Розробка компоувальної схеми	
5.2 Визначення координат центру мас та навантажень по осях	
6. ТЯГОВО-ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ	
6.1 Вибір параметрів тягового розрахунку	
6.1.1 Типорозмір шин та радіуси колеса	
6.1.2 Коефіцієнт корисної дії трансмісії	
6.1.3 Коефіцієнт обтічності та площа Міделя	
6.2 Розрахунок параметрів двигуна пожежного автомобіля	
6.2.1 Зовнішня швидкісна характеристика двигуна	
6.3 Розрахунок параметрів трансмісії	
6.3.1 Передавальна кількість головної передачі	
6.3.2 Передатне число нижчого ступеня коробки передач	
6.3.3 Передавальні числа проміжних ступенів коробки передач	

6.4 Побудова тягової характеристики	
6.5 Побудова динамічної характеристики	
6.6 Побудова графіків часу та шляхи розгону	
6.7 Побудова графіка потужності балансу	
7. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ	
7.1 Показники паливної економічності	
7.2 Показники гальмівних властивостей	
7.3 Показники стійкості	
7.4 Показники керованості	
8. РОЗРОБКА ПРИСТРОЇ ФІКСАЦІЇ ЗМІННОГО МОДУЛЯ	
8.1 Розробка принципової схеми фіксатора	
8.2 Розрахунок штока фіксатора	
9. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ «МОДУЛЬНОГО» ПІНОБАКА	
10. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	
ВИСНОВОК	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

ВСТУП

Стан пожежної безпеки певною мірою відбиває рівень економічного розвитку нашої країни. Щорічно в Україні відбувається близько 800 пожеж, матеріальні втрати від яких, за оцінками фахівців, становлять близько 100 млн. грн В основному горять ліси та промислові підприємства, що мають зношене та застаріле обладнання. Таким чином, ми стоїмо на межі незворотних техногенних катастроф.

Для того щоб скоротити ступінь ризику техногенних катастроф і довести його до нормального рівня, будуть потрібні інвестиції в розмірі 40 – 50 млн доларів на рік. Але навіть при цьому, за прогнозами, виходити із кризи доведеться приблизно 25 років. Причому багато об'єктів відновлювати виявиться дорожчим, ніж будувати нове.

На жаль, у критичному стані перебуває не лише основні фонди підприємств, а й парк пожежних автомобілів, що перебуває на озброєнні підрозділів ДСНС, які захищають промислові об'єкти. При цьому ситуація поширюється не тільки на віковий склад парку, а й на його якісну структуру: вони не адекватні оперативній обстановці, що складається, з пожежами.

За три останні роки обсяг нових надходжень пожежних автомобілів до об'єктових підрозділів ДСНС становив лише 3% від усього парку. За такої динаміки знадобляться багато років на оновлення та відновлення пакета.

Не менш проблематичною є якісна структура парку пожежних автомобілів підрозділів ДСНС. Вона була сформована наприкінці 80-х років. Коли вітчизняною промисловістю випускалися переважно пожежні автомобілі середнього класу на шасі ЗІЛ та ГАЗ (з цистерною місткістю до 2500 л, насосом типу ПН-40У з подачею $40 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$, стволом лафетним ЛС-20 або ЛС-40). Природно, що парк пожежних автомобілів нині більш ніж 80% складається з автоцистерн на базі ЗІЛ.

В даний час у підрозділах ДСНС України експлуатується понад 14000 основних пожежних автомобілів, понад 3000 спеціальних пожежних автомобілів та 13000 одиниць оперативно-службового транспорту. На озброєнні підрозділів перебувають понад 200 найменувань пожежно-технічного озброєння та аварійно-рятувального обладнання. Але нині близько 50% наявного парку підлягає списанню через вироблення встановлених термінів експлуатації. Для підтримки парку пожежної автотехніки необхідно щорічно купувати до 2500

одиниць лише основних та спеціальних пожежних автомобілів.

Перспективний типаж пожежних автомобілів, розроблений ДСНС України за завданням ДСНС України, передбачає випуск понад 60 основних та спеціальних машин з підвищеними тактико-технічними показниками та зниженою витратою палива на привід спеціальних агрегатів. Намічено також заходи щодо подальшого підвищення надійності та довготривалості пожежних автомобілів, їх універсалізації та спеціалізації.

Головними завданнями заводу-виробника пожежної техніки мають бути:

- випуск конкурентоспроможної техніки із зарубіжними аналогами;
- блочно-модульний принцип конструювання машин, який дозволить трансформувати автомобіль за необхідним призначенням;
- розробка нових аварійно-рятувальних автомобілів підвищеної прохідності.

Особливо гостро необхідність у автомобілях типу АРА відчувається останнім часом на об'єктах, що обслуговують транспортні магістралі та підприємства, де можливе загоряння великої кількості різних за структурою та властивостей горючих речовин. До таких об'єктів можна віднести: нафтобази, сховища нафтопродуктів, авіаційні та морські порти. Саме на таких територіях найчастіше доводиться ліквідувати аварії та наслідки катастроф.

Вище зазначене підтверджує актуальність тематики дипломного проекту та наголошує на практичній значущості розробки об'єктових пожежних машин, у тому числі й аварійно-рятувальних автомобілів.

1 СТАН ПИТАННЯ

1.1 Аналіз аварійно-рятувальних робіт, пов'язаних із гасінням пожеж підрозділів «ДСНС України» за 2020–2021 р

Аналіз даних, що характеризують обстановку із пожежами за 2021 рік, дозволяє зробити висновок про те, що служба пожежогасіння та чергові варти підрозділів «Спеціальне управління ДСНС України», реалізуючи вимоги нормативних актів, наказів, вказівок ДСНС Спеціального управління ДСНС України в цілому вирішили організаційні та практичні питання, пов'язані з гасінням пожеж.

У 2021 році підрозділи гарнізону здійснили 2875 виїздів, що на 105 виїздів менше, ніж за аналогічний період минулого року (АППГ) – 2980 виїздів.

Відомості про виїзди підрозділів гарнізону за 2020–2021 р.р. наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Відомості про виїзди підрозділів гарнізону за 2020 – 2021р.р.

№ п/п	Ціль виїзду	2020р.	2021р.
1.	Пожежі	83(3)	76(2)
2.	Загоряння	164	268
3.	Лісові пожежі (трава, пух, сміття)	226	305
4.	Аварії	0	0
5.	На спрацювання установок АПС	1002	1374
6.	Хибні виклики	1248	765
7.	Пожежно–тактичні навчання, відпрацювання планів, ПТЗ тощо.	102	108
8.	Надання допомоги населенню, службам міста, об'єктів тощо.	155	69
	Всього:	2980	2875

Аналізуючи узагальнені дані (табл. 1.1) роботи підрозділів «ДСНС України» за 2021 рік слід відзначити значне збільшення кількості виїздів порівняно з АППГ:

- загоряння – в 1,8 раза (на 104 виїзди);
- лісові пожежі (трава, пух, сміття) – у 1,35 рази (на 79 виїздів);
- на спрацювання АПС – у 1,7 раза (на 372 виїздів);
- пожежно–тактичні навчання, відпрацювання планів, ПТЗ – у 2,8 раза (на 6 виїздів);

У 2021 році на пожежах загинуло 6 осіб (в АППГ – 4 особи), кількість осіб, які отримали травми населення, склала 8 осіб (в АППГ – 9 осіб). У процесі ліквідації пожеж врятовано 55 осіб (в АППГ – 30 осіб).

З 76 пожеж, що сталися у 2021 році, особовим складом чергової варті загашено 75 пожеж, підручними засобами населенням до прибуття підрозділів пожежної охорони – 1 пожежа. Відомості наведено на рисунку 1.1

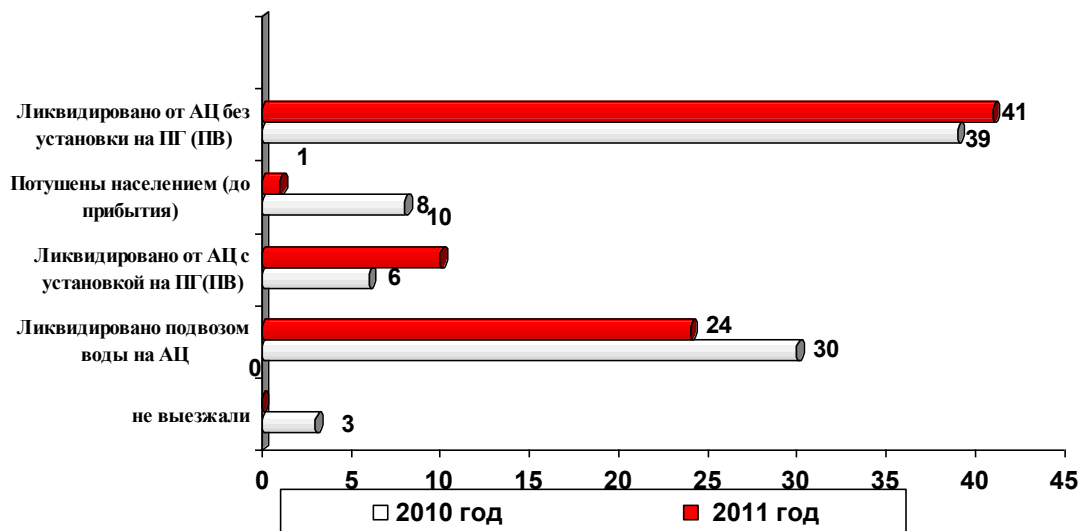


Рисунок 1.1 – Відомості щодо гасіння пожеж підрозділами у 2020 – 2021 р.р.

У 2021 році на 16 пожежах роботи з рятування людей та ліквідації горіння проводилися ланками ГДЗЗ. У 30 випадках на пожежі було залучено спеціальні пожежні автомобілі (таблиця № 1.2).

Таблиця 1.2 – Відомості щодо використання спеціальної пожежної техніки на пожежах у 2020–2021 р.р.

Спеціальні пожежні автомобілі	2020 р.	2021р.
АРА-20, АТ-90	16	8
АЛ-50, АКП-50, АПТ-22, МШТС	17	20
АР-2	5	2
Всього:	38	30

Оперативний час реагування, що складається з часу обробки виклику, збору особового складу та прямування до місця виклику є одним із важливих показників дій підрозділів при виїзді чергової варті по тривозі. Відповідно до вимоги час прибуття першого підрозділу до місця виклику у міських поселеннях

та міських округах не повинен перевищувати 10 хвилин, у сільській та прирівняній до сільської місцевості не повинен перевищувати 20 хвилин.

У таблиці № 1.3 представлені відомості з оперативного реагування підрозділів на 31 пожежі, що сталися в межах ДСНС України за 2021 рік, 2020 рік та підрозділів по Україні за 2020 рік.

З даних зазначених у таблиці 1.3 випливає, що у 2021 році порівняно з 2020 роком на 2,78 хвилини покращився показник прибуття перших підрозділів на пожежі (нижче за показник по Україні на 4,03 хвилини). Цей показник покращився порівняно з 2020 роком на 52%.

Таблиця 1.3 – Показники оперативного реагування з моменту повідомлення про пожежу до моменту прибуття до місця виклику (у міському окрузі).

Час прибуття першого підрозділу (хв.)	Кількість пожеж у міському окрузі (%)		Середній час прибуття, хв.		
	2020 рік	2021 рік	2021 рік	2020 рік	України
До 5 хвилин	30 (81,0)	29(93)	3,12	5,9	7,15
6 – 10 хвилин	7 (19,0)	2(7)			
Понад 10 хвилин	0 (0%)	0 (0)			

У таблиці .4 представлені відомості щодо оперативного реагування підрозділів ДСНС України на 30 пожежах, що сталися у сільських поселеннях та прирівняних до них районах 2021 року.

Таблиця 1.4 – Показники оперативного реагування з моменту повідомлення про пожежу до моменту прибуття до місця виклику (у сільських поселеннях та прирівняних до них районів)

Час прибуття першого підрозділу (хв.)	Кількість пожеж у сільських поселеннях (%)		Середній час прибуття, хв.	
	2020 рік	2021 рік	2020 рік	2021 рік
До 10 хвилин	23 (60,5)	32 (71)	13,5	8,7
10 – 20 хвилин	11 (29,0)	10 (22)		
Понад 20 хвилин	4 (10,5)	3 (7)		

З даних, зазначених у таблиці 1.4, випливає, що у 2021 році порівняно з 2020 роком на 4,8 хвилини покращився показник прибуття перших підрозділів на пожежі у сільських поселеннях та прирівняних до них районах (нижче нормативного на 11,3 хвилини).

Тривалість локалізації пожежі значною мірою залежить від тривалості періоду розвитку пожежі. За сукупним результатом зниження середніх

показників повідомлення про пожежу та прибуття пожежних підрозділів простежується закономірне зниження середнього часу локалізації пожежі.

Час із моменту прибуття першого підрозділу до місця пожежі до його локалізації.

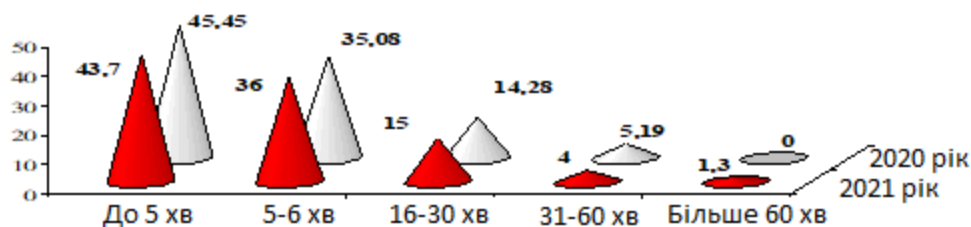


Рисунок 1.2 – Час моменту подачі першого ствола до його локалізації у першому півріччі 2020–2021 р.р.

У 2021 році показник локалізації пожеж залишився на рівні 2020 року. Кількість пожеж локалізованих протягом менше 5 хвилин збільшилася на 2 %. Кількість пожеж локалізованих за час 6–15 хвилин практично не змінилася порівняно з 2020 роком (зменшилася на 0,2 %). Кількість пожеж локалізованих протягом 16–30 хвилин не змінилася. Кількість пожеж локалізованих за час 31–60 хвилин покращилась на 1,2%. Причинами покращення показника локалізації стало те, що у 2021 році зросла кількість проведених службою пожежогасіння та керівництвом спеціальних пожежних частин рішень ПТЗ з особовим складом чергових варті, що сприяло практичному відпрацюванню навичок РГП та особового складу з гасіння пожеж.

Час із моменту локалізації пожежі до ліквідації.

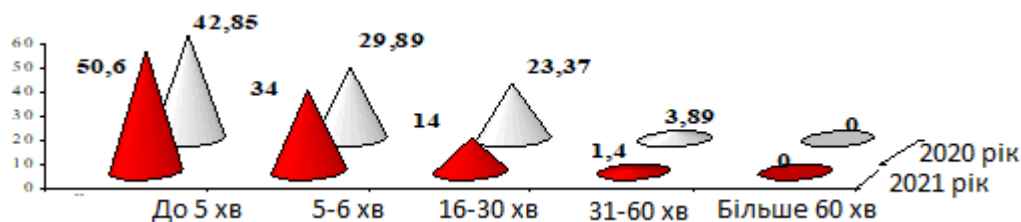


Рисунок 1.3 – Час з моменту локалізації пожежі до ліквідації у першому півріччі 2020–2021 р.р.

У 2021 році відсоток кількості пожеж із часом ліквідації 31–60 хвилин зменшився порівняно з 2020 роком на 2,49%. Збільшилася кількість пожеж, ліквідованих за час до 5 хвилин – 50,6 % (2020 рік – 42,85 %). Також зріс показник

із пожеж, ліквідованих з 6 до 15 хвилин – 34% (2020 рік – 29,89 %). Значно покращився показник ліквідації пожеж із 16–30 хвилин –14% (2020 рік – 23,37%).

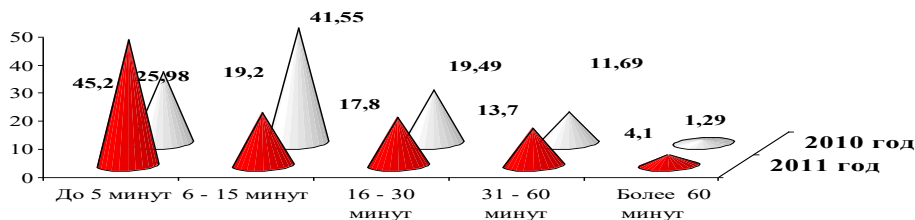


Рисунок 1.4 – Час гасіння (%) з моменту подачі першого ствола до його ліквідації відкритого горіння у першому півріччі 2019–2020 р.р.

Поліпшення показників локалізації та ліквідації у 2021 році позначилося загалом на показнику гасіння. Разом з цим значними залишаються показники часу у проміжках 31–60 хвилин та понад 60 хвилин (загалом 17,8%).

Основними недоліками при гасінні пожеж у 2021 році залишаються:

- слабкі знання оперативним складом розрахунку сил та засобів;
- неправильний вибір вирішального напрямку;
- проведення бойового розгортання, що з часом перевищує нормативне;
- недостатня кількість поданих на гасіння пожежних стволів;
- недостатні навички роботи ствольників із пожежним стволом на позиціях, при маневруванні та просуванні вглиб пожежі в міру його ліквідації.

За підсумками перевірок підрозділів, які здійснюють співробітники служби пожежогасіння, у 2021 році, відзначалася низка зауважень до керівництва підрозділів з питань організації та вдосконалення діяльності в галузі пожежогасіння у підрозділах. Пожежі, що відбулися в районі виїзду, підрозділи з особовим складом розбираються формально, заняття з бойової підготовки проводяться часто на низькому професійному рівні. Проведення практичних занять нерідко підмінюється вивченням оперативно-тактичних особливостей об'єкта, методичні плани проведення занять розробляються неякісно. Керівництво підрозділів не проводить детального розбору допущених помилок РГП та особовим складом, а також не в повному обсязі доводить до начальників вартових зауваження, виявлені в інших підрозділах.

У 2021 році в ході проведення пожежно-тактичних навчань, відпрацювання планів пожежогасіння при перевірках боєздатності чергових варти було виявлено

398 тактичних помилок, допущених РГП, що на 30 помилок більше ніж за АППГ. Результати відображені у таблиці 1.5.

Аналіз даних, наведених у таблиці 1.5, свідчить про те, що 2021 року порівняно з АППГ сталося збільшення кількості помилок допущених оперативним складом управління за такими напрямками: не знання оперативно-тактичних особливостей об'єктів, що охороняються, не своєчасне створення ділянок гасіння пожежі, недостатня кількість пожежних стволів, поданих на гасіння пожежі, не підтвердження виклику № 2, контроль РГП якості виконання своїх вказівок та розпоряджень, знання порядку розрахунку сил та засобів, порядок організації гасіння пожеж у: резервуарах, електроустановках та своєчасне залучення спецтехніки.

Таблиця №1.5 – Помилки, допущені РГП

№ п/п	Характер помилок	2021 рік	2020 рік
1.	Не організовано роботу оперативного штабу.	14	15
2.	Відсутність зв'язку з ОДРС (ПСЧ).	7	8
3.	Відсутність зв'язку з НТУ, ланками ГДЗЗ.	30	35
4.	Не знання О.Т.О. об'єкт.	19	12
5.	Відсутність взаємодії з адміністрацією, службами життєзабезпечення.	11	12
6.	Не створено ділянок гасіння пожежі.	19	15
7.	Проведення розгортання сил і засобів, що з часом перевищує нормативне.	21	18
8.	Недостатня кількість стволів, поданих на гасіння.	15	10
9.	Не встановлено АЦ на ПГ (ПВ).	9	10
10.	Чи не задіяні стаціонарні установки пожежогасіння.	3	5
11.	Не підтверджено виклик № 2, не оголошено збір особового складу.	8	5
12.	Чи не організовано рятування людей, евакуація матеріальних цінностей.	8	9
13.	Недоліки при гасінні електроустановок: – не отримано допуску на відключення електроустановок; – не заземлено пожежний стовбур або насос; – Не використовували діелектричні засоби.	13	10
14.	Недоліки у питаннях ГДЗС: відсутність постового на посту безпеки; – екіпірування ланки; – Відсутність зв'язку зі ланкою; – ведення службової документації постовим на посту безпеки; – не створено КПП.	63	58
15.	Чи не задіяна спецтехніка.	10	7
16.	Недоліки під час проведення пожежної розвідки. – Розвідка проведена в одному напрямку; – неправильний вибір вирішального напрямку; – неправильне прокладання рукавних ліній.	57	60
17.	Відсутність контролю за виконанням розпоряджень РГП.	33	25
18.	Порушення правил охорони праці.	16	15
19.	Не створено резерву сил і коштів.	5	7
20.	Чи не знання розрахунку сил і засобів.	28	24
21.	Недоліки при гасінні пожеж у резервуарах: –не використання СТРУМ; –не створено другий рубіж захисту із прокладанням резервних рукавних ліній; – не організовано виконання заходів щодо підготовки пінної атаки.	9	8
	Разом:	398	368

Найбільша кількість помилок продовжує залишатися у питаннях проведення пожежної розвідки – 57 помилок, ГДЗС – 63 помилки, організації пожежного зв'язку – 37 помилок, що становить 14,4 %, 15,9 % та 9,2 % від загальної кількості помилок.

У 2021 році начальницький склад, який виступає як РГП, не займався планомірним підвищенням своєї оперативної майстерності, керівництвом підрозділів не здійснювався контроль усунення помилок, проведення особовим складом розгортання сил і коштів, які з часом перевищують нормативне, що допускаються начальниками варті, не планувалися заходи, спрямовані на підвищення їх тактичної грамотності. Розбір помилок, що допускаються РГП та особовим складом при веденні дій з гасіння пожежі в підрозділах, найчастіше проводилися формально.

1.2 Аналіз використання спеціальної пожежної техніки

За період з 2017 року до 2021 року на пожежі для проведення робіт з рятування людей та ліквідації горіння 140 разів було залучено спеціальні пожежні автомобілі. Порівняльні дані щодо використання спеціальної пожежної техніки на пожежах у 2017 – 2021 роках наведено у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Відомості щодо використання спеціальної пожежної техніки на пожежах у 2017 – 2021р.р.

Спеціальні пожежні автомобілі	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
АРА-20, АТ-90	6	8	8	10	8
АЛ-50, АКП-50, АПТ-22, МШТС	13	15	14	16	20
АР-2	5	5	8	2	2
Всього:	24	28	30	28	30

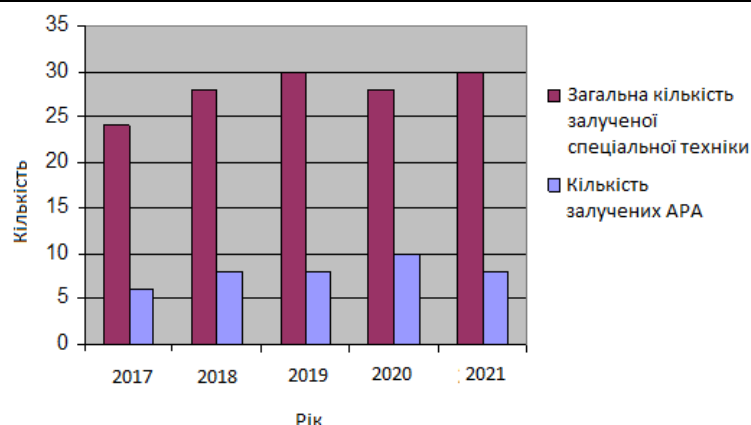


Рисунок 1.5 – Відомості про залучення спеціальної пожежної техніки

Аналізуючи дані таблиці 1.6, можна побачити, що для проведення робіт з рятування людей та ліквідації горіння дуже часто залучаються спеціальні пожежні автомобілі. Значну частку використання спеціальної техніки займають місце аварійно-рятувальні автомобілі. За аналізований період кількість виїздів автомобілів АРА–20 збільшилась і становить 28,5% від загальної кількості виїздів спеціальних пожежних автомобілів, рисунок 1.5. Це ще раз свідчить про необхідність розробки аварійно–рятувального автомобіля.

1.3 Аналіз наявності та стану пожежної техніки

Підрозділи ДСНС України укомплектовано 84-ма пожежними автомобілями основного, спеціального та допоміжного призначення на різних базових шасі, рік випуску яких коливається від 1980 до 2011 року.

Таблиця 1.7 – Розподіл пожежних автомобілів за призначенням

Пожежні автомобілі	Кількість	Відсоткове відношення, %	Термін експлуатації	
			до 10 років, шт/(%)	понад 10 років, шт/(%)
Основні	42	50	15/(35,7%)	27/(64,3%)
Спеціальні	15	18	8/(53,3%)	7/(46,7%)
Допоміжні	27	32	9/(33,3%)	18/(66,7%)
Усього	84		32/(38,1%)	52/(61,9%)

Більше половини наявних на озброєнні ДСНС України пожежних автомобілів підлягає списанню, оскільки експлуатується понад 10 років. Це ще раз свідчить про необхідність розробки нових пожежних автомобілів, як основного, так і спеціального призначення.

2 ТЕХНІКА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

2.1 Закордонні автомобілі

Пожежний автомобіль технічної служби RW2 фірми IVEKO MAGIRUS, Німеччина (рис. 2.1). Призначений для доставки комплекту спеціального обладнання до місця проведення аварійно-рятувальних робіт, видалення диму, освітлення робочої зони, забезпечення енергією спеціалізованого електроінструменту.



Рисунок 2.1 – Пожежний автомобіль технічної служби RW 2 фірми IVEKO MAGIRUS

На автомобілі з колісною формулою 4x4 і дизельним двигуном потужністю 189 кВт розміщена канатна лебідка з гідравлічним приводом (5т), електрогенератор із захисно–вимикаючим пристроєм (20кВт), світлова щогла зі світильниками заливного світла (висота висування 7 м), споживання

Автомобіль доставляє на місце аварії комплект рятувальних засобів, спеціальний та захисний одяг, засоби надання першої медичної допомоги, набір гідравлічного та електромеханічного інструменту.

У Україні випуск аналогічної техніки Мінбуддормашем припинено 1984 року.

Пожежний автомобіль технічної служби RFC II фірми Rosenbauer, Австрія, рисунок 2.2. Призначений для доставки комплекту спецобладнання на місце проведення робіт, освітлення робочої зони, проведення вантажопідйомних

операцій.



Рисунок 2.2 – Пожежний автомобіль технічної служби RFC II фірми ROSENBAUER

Бойовий розрахунок – 3 особи. Потужність двигуна 124 кВт. Колісна формула 4x4. Зусилля лебідки – 5т. Генератор потужністю 20 кВт, напруга 380/220 В. Щогла освітлення – 7м. Вантажопідйомність крана при вильоті стріли 1,7 м – 3,5 т; 2,4м – 2,5т; 5м – 1,2т. Повна вага 11800 кг.

Американська фірма American La France на замовлення муніципалітетів виготовляє пожежні автомобілі для проведення аварійно-рятувальних робіт при дорожньо-транспортних пригодах, аваріях на підприємствах нафтохімічної промисловості, авіа- і залізничних катастрофах та інших випадках, що вимагають надання термінової технічної допомоги.

Автомобілі виготовляються на шасі різних фірм із колісною формулою 4x2, повною масою 20 т та потужністю дизельного двигуна до 262 кВт. Автомобіль перевозить до 80 різних одиниць рятувального обладнання.

2.2 Вітчизняні автомобілі

Автомобіль аварійно-рятувальний АРА (4310) ПМ-523 призначений для (рис.2.3):

- доставки до місця аварії чи пожежі особового складу, спеціального аварійно-рятувального інструменту, обладнання, засобів зв'язку та освітлення;
- проведення аварійно-рятувальних робіт;

- освітлення місць гасіння пожежі чи аварії;
- видалення диму та подачі свіжого повітря;
- розбирання будівельних конструкцій та підняття вантажів за допомогою крана.



Рисунок 2.3 – Автомобіль аварійно–рятувальний АРА (4310) ПМ–523

Автомобіль розрахований на експлуатацію в районах з помірним кліматом, при температурі навколишнього повітря від -40° до $+40^{\circ}$ С. Розрахунок 3 особи, потужність двигуна 162 кВт (220 к.с.), колісна формула 6х6. Максимальне тягове посилення лебідки під час подачі троса вперед $-3,5$ т; назад -5 т. Генератор потужністю 20 кВт, напруга 230 В, освітлювальна щогла–висота підйому–6м. Вантажопідйомність крана–3т, кут повороту $+180$ градусів? максимальна висота підйому вантажу – 6м. Повна вага автомобіля 15100 кг.

Пожежно–рятувальний автомобіль ПСА 2,0–40/2 (43206) призначений (рис.2.4):

– для гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій у житлових та громадських будівлях, на промислових об'єктах, транспортних засобах;

– для доставки до місця пожежі або надзвичайної ситуації (аварії) пожежно–рятувального розрахунку, запасу вогнегасних речовин, пожежно–технічного озброєння, спеціального обладнання та інструменту, засобів радіозв'язку та освітлення;

– для подачі в осередок пожежі вогнегасних речовин (води або повітряно–механічної піни) через стаціонарний лафетний стовбур, ручні стовбури та ручний стовбур–розпилювач високого тиску із забором води з цистерни, відкритого

водоймища або гідранту, а піноутворювача зі штатного пін;

– насосна установка обладнана насосом відцентровим пожежним комбінованим НЦПК–40/100–4/400, водопінні комунікації оснащені стволом–розпилювачем високого тиску з катушкою рукавною СРВДК–2/400–60, на даху ПСА встановлений стаціонарний лафетний;

– для проведення аварійно-рятувальних та спеціальних (розкриття та розбирання будівельних конструкцій, проведення рятувальних робіт з висот, звільнення постраждалих з–під завалів тощо) робіт;

– для висвітлення місць проведення робіт;

– система обігріву кабіни бойового розрахунку та насосного відсіку виконана на основі автономної опалювальної установки типу ОВ65–0010–В на дизельному паливі;

– кузов для розміщення пожежно-технічного озброєння (ПТВ) та аварійно-рятувального обладнання та інструменту (АСО) виготовлений з широким застосуванням листового матеріалу з алюмінієвого сплаву та нержавіючої сталі, двері бічних відсіків виконані шторними.



Рисунок 2.4 – Пожежно-рятувальний автомобіль ПРА 2,0–40/2 (43206)

Вся вищезгадана техніка дозволяє проводити аварійно-рятувальні роботи в місцях, куди вона може пройти відносно хорошими дорогами. Але дана техніка не дозволяє проводити аварійно-рятувальні роботи у важкодоступних місцях (гірські райони, болота, тундра тощо), в умовах бездоріжжя та повені.

3 КОНСТРУЮВАННЯ АВАРІЙНО–РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

3.1 Призначення та сфера застосування АРА

Пожежні аварійно-рятувальні автомобілі призначені для доставки до місця пожежі та аварії особового складу, спеціального аварійно–рятувального інструменту, обладнання, засобів зв'язку та освітлення, проведення аварійно-рятувальних робіт з використанням електромеханічних інструментів та приладів, освітлення місць гасіння пожежі та аварій, розробки будівельних конструкцій та завалів, а також підняття вантажів за допомогою крана. АРА може працювати самостійно або разом з іншими пожежними машинами.

Основним недоліком АРА є те, що при роботі самостійно ця машина не може забезпечувати гасіння вогнищ загоряння і машині потрібна додаткова кооперація з автоцистернами.

Сучасний моніторинг частин ДСНС показує, що гостро затребуваними зараз є автомобілі першої допомоги, швидкого реагування та аварійно-рятувальні машини. Однак все частіше і частіше складаються ситуації, коли при ліквідації аварій гостро постає питання необхідності використання засобів порошкового, газового і вуглекислого гасіння, коли необхідний запас піноутворювача (не менше 8% від кількості води, що вивозиться) і т.д.

3.2 Сучасна концепція розвитку аварійно-рятувальних автомобілів

Необхідність проведення пожежно-рятувальних робіт може виникнути при кожному бойовому в'їзді оперативних підрозділів. У той же час рідкісна аварія або катастрофа обходяться без необхідності ліквідації загоряння або гасіння пожежі. також високої їх вартості.

Аналіз пожежних машин показує, що в основу типажу сучасних аварійно-рятувальних автомобілів є складовою загального типажу ПА, що знаходяться на озброєнні пожежної охорони різних країн, покладено наступні концептуальні міркування:

– універсальність автомобілів, що забезпечує економічність їх експлуатації та забезпечує підготовку особового складу до дій в екстремальних умовах.

– серійність комплектуючих елементів та можливість їх комбінування, що дозволяє оптимізувати технічне обслуговування, скоротити номенклатуру запасних частин, забезпечувати взаємозамінність елементів у разі виходу з ладу.

– функціональна надійність автомобілів, що забезпечує їх високу боєздатність, скорочення витрат на придбання та обслуговування техніки.

– розумне поєднання достатності та економічності типу, що забезпечує виконання всього комплексу операцій на місці інциденту з мінімальними витратами коштів на придбання та утримання техніки.

– наявність у комплектації автомобілів, що входять у тип, не тільки обладнання для виконання технічних робіт, а й приладів контролю стану середовища на місці інциденту та спорядження та захисту особового складу від небезпечних факторів, що є наслідком аварії чи катастроф.

Всі наведені міркування по-своєму важливі, проте питанням універсальності, можливостям комбінування та надійності нині приділяється особлива увага.

У Німеччині, наприклад, розроблена концепція оптимізації типу пожежних автомобілів, що випускаються в країні, певною мірою базується на наведених вище міркуваннях. Запропонована концепція полягає у переході від існуючого широкого асортименту пожежних автомобілів вузького призначення до універсальних базисних пожежних автомобілів трьох класів, оснащених необхідним обладнанням для пожежогасіння та технічної допомоги. Причому все це обладнання для розміщення пожежних автомобілів на пожежних автомобілях стандартизовано та об'єднано у 9 великих груп:

- захисні костюми та дихальні апарати
- вогнегасники та агрегати для комплектації пожежних автомобілів
- рукави, стволи та гідравлічна арматура
- технічні засоби для проведення рятувальних робіт
- медична техніка
- освітлювальне обладнання та тривожна сигналізація
- допоміжна техніка та обладнання
- спеціальні технічні засоби
- ручні прилади та вимірювальна техніка.

У групу приладів входять і прилади, що використовуються пожежними для вимірювання радіації: 3 індивідуальні дозиметри, 3 сигналізатори небезпечної дози опромінення, вимірювач рівня радіації, сигналізатор небезпечної рівня радіації, індикатори дози, виміряні індивідуальним дозиметром.

Пропонуючи цю концепцію базисних автомобілів, фахівці виходили із пропозиції, що вони мають замінити автоцистерни та автонасоси, а також частково аварійно-рятувальні автомобілі. Наприклад, цій пропозиції повністю

відповідає третій (важкий) клас базисного пожежного автомобіля, який придатний для виконання бойових завдань будь-якої складності, пов'язаних як з гасінням пожежі, так і з виконанням аварійно-рятувальних робіт.

Цей автомобіль з повною масою 14 – 16 т. І бойовим розрахунком 6 осіб, вивозить 2000 л води і 200 л піноутворювача, обладнаний автоматичним насосом, що самоусмоктує, продуктивністю 45 л·с⁻¹ при тиску 8 бар і 5 л·с⁻¹ при дав бар. Висока питома потужність, близько 15 кВт·т⁻¹ забезпечує високі динамічні показники та прохідність машини. Спектр функціональних можливостей автомобіля розширений завдяки застосуванню численного комплектуючого обладнання, до складу якого входять: комбінований лафетний ствол з подачею води або розчину піноутворювача 27 л·с⁻¹, котушка першої допомоги з жорсткими шлангами довжиною 60 м, 5 ручних стволів та 2 піногенератори ізольованих проти газу, 2 занурювальні електронасоси, виносний електроагрегат потужністю 8 кВт. У кузові пожежної надбудови розміщено стаціонарний електрогенератор потужністю 20 кВт, привод якого здійснюється від коробки відбору потужності. У задній частині кузова встановлена світлова щогла з трьома прожекторами світла, що заливає потужністю по 1000 Вт (висота щогли до 7 м). У комплектацію автомобіля входить спеціальне обладнання: комплект гідроінструменту, пневмодомкрати, вентилятор продуктивністю 10 тис. м³·ч⁻¹, захисний одяг для особового складу та ін. Конструкція кузова сучасна – блочно-модульна.

Посилення базисних автомобілів при складних пожежах, аваріях, катастрофах пропонується здійснювати за допомогою автомобілів зі знімними надбудовами. Пожежна охорона Німеччини першою почала використовувати модульне компонування, у тому числі з причіпним провідним модулем.

Що стосується системи знімання кузова, раціональнішою була визнана компонування зі знімними модулями, представлена на рисунку 3.1.

Ідея автомобіля зі знімними модулями полягає в тому, що таким пожежним машинам надаються функції оперативних ПА і вони вводяться в бойовий розрахунок частин, на озброєнні яких знаходяться. Для цього створюється гамма модулів – не тільки зі спеціальним обладнанням та приладами, але й із засобами гасіння та пристроями для їх подачі.

Порошкові установки, які можуть працювати без відбору потужності від базового шасі, обладнаного балонами зі стисненим інертним газом. Ємності з піноутворювачем, обладнані пінозмішувачами, арматурою та іншим приладдям. Такий модуль може працювати в парі, наприклад, з автоцистерною для подачі

повітряно–механічної піни, що часто трапляється в практиці гасіння пожеж.

Таким чином, автомобіль зі змінним знімним модулем (наприклад з порошковим) може перебувати в частині бойового розрахунку і виїжджати по тривозі на гасіння будь–якої пожежі. У разі виникнення техногенної аварії, а також великої або складної пожежі ставиться той модуль, який необхідний для фактичної обстановки, і колишній автомобіль виконує нові інші функції.

Ця гнучка тактика дозволяє з максимальною ефективністю використовувати мобільну техніку, що знаходиться на озброєнні пожежної охорони, призначену в першу чергу для застосування в умовах надзвичайних ситуацій. При цьому скорочуються витрати як на придбання, так і на експлуатацію пожежних автомобілів.

3.3 Вибір шасі, силового агрегату та пожежної надбудови

Для правильного вибору шасі та силового агрегату проектного АРА слід виходячи з середньостатистичної тривалості проходження та нормованого значення радіуса виїзду, визначити максимальну швидкість руху $v_{A \max}$ за заданих умов експлуатації:

$$v_{A \max} = R / (\tau_{\text{сл}} \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4), \quad (3.1)$$

де R – протяжність (радіус) виїзду, км;

c_1 –коефіцієнт використання потужності (0,3 ... 0,4);

c_2 – коефіцієнт розвитку потужності (0,8);

c_3 –коефіцієнт обліку кліматичних умов (0,5 ... 0,9);

c_4 –коефіцієнт обліку дорожніх умов (0,3 ... 1,0);

a_{\max} – максимальна технічна швидкість автомобіля, км·ч⁻¹.

$$v_{A \max} = 3 / (0,22 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,85) = 100 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$$

Відповідно до вихідних даних проекту, нами будуть розглянуті варіанти шасі великої вантажопідйомності 5...8 т.

Для зручності проведення порівняльного аналізу прототипів і вибору шасі і силового агрегату для машини, що проектується, параметри технічних характеристик порівнюваних моделей АРА зводимо в табл. 3.1. Як прототипи машини, що розробляється, нами будуть розглянуті: концепткар пожежного та

автомобіля Європейського Співдружності на шасі Мерседес (прийнятий на озброєння в Німеччині в 2003 р.) і вітчизняний автомобіль АРА–20, що випускається ВАТ «Пожтехніка». Для всіх автомобілів як база використовується шасі підвищеної прохідності з колісною формулою бхб, і повною масою, що не перевищує 16000 кг.

У таблиці 3.1 використані такі скорочення: КЛ – класичне компонування; ПП – передньопривідне компонування; КЗД – кабіна за двигуном; КНД – кабіна над двигуном; ККД – кабіна перед двигуном; БР6В – бензиновий рядний 6–циліндровий, розташований уздовж двигун; ДР4П – дизельний рядний 4–циліндровий, розташований поперек двигун; ДТВ8В – дизельний турбований V–подібний 8–циліндровий, розташований уздовж двигун.

Таблиця 3.1 – Характеристики аварійно-рятувальних автомобілів

Найменування параметру	Позначення	Країна, модель ПА		
		Україна	Німеччина	Проект
1.Тип	АРА	–20 КамАЗ (43114)	3 клас VМR30 ЕР820	–20 М УРАЛ(6370)
2.Колісна формула шасі		6х6	6х6 Мерседес 1929К38	6х6
3.компонувальна схема		КЛ	КЛ	КЛ
4.Положення кабіни		кнд 1+2	кнд 1+2	кнд 1+2
5.Номінальна вантажопідйомність, кг	mH	7000	8000	8000
6.Повна МАРА, кг	mА	15100	17000	15000 до 15600
7. Запас вогнегасної речовини	Піна Порошок CO2	---	2250 або АFFF760	2000 1260 300 (0.3)
8. Габарити, мм.: довжина ширина висота	LA BA HA	7900 2500 3500	9000 2500 3660	7900 2500 3500
9. Максимальна швидкість, км/год	vA _{max}	85	90	До 100 рекомендовано 85
10. Витрата палива, л/100 км.	QS	40	37,6	34
11. Тип, модель, двигун		ДV8В 740	ДV8В 1929К38	ДV8
12. Максимальна потужність, кВт	NE max	191	190	176
13. Частота обертання колінвалу при NE max	nN	2600	3150	2600
14. Максимальний крутний момент, Н·м	ME _{max}	663	875	656,7
15. МАРА двигуна	mд	740	1600	800

Вибір пожежної надбудови повністю залежить від заданого типу пожежної машини та сучасного дизайну. Проаналізувавши характерні для АРА складальні

одиниці, агрегати, велике пожежно-технічне обладнання та кількість особового складу бойового розрахунку, заповнимо таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики складальних одиниць та агрегатів проєктованого ПА

Найменування складальної одиниці, агрегату	МАРА, кг	Габарити, мм. l xbxh	Координати центру мас		Статистичні моменти, Н/м	
			X_i	Z_i	$M_i \cdot X_i$	$M_i \cdot Z_i$
1. Шасі та кузов з ПТВ	3635 3315	8000x1000x 800	2	1	136220	68110
2. Двигун.	740	1500x1000x 800	0,25	1,2	1113	7252
3. кабіна та бойовий розрахунок.	550 +240	1400x2500x 1600	0,6	1,2	4645	9290
4. Генератор із обладнанням.	550 +160	700x2500x 1500	1,2	1,2	8349,6	8349,6
5. Освітлювальна щогла.	100	400x400x 1400	1	1,5	980	1470
6. Запасне колесо на даху.	60	1000x1000x 400	1,1	3	646,8	1764
7. Малий відсік із обладнанням.	250	600x2500x 1500	1,8	1,6	4410	3920
8. Великий відсік чи модуль.	2000	1200x2500x 1500	3,3	1,8	646820	35280
9. Змінний модуль.	2000	100x2500x 1500	4,6	1,8	90160	35280
10. Підйомний кран.	1400	700x1200x 2700	5,7	1,4	78204	19208
Разом:	15000				$X = 2,57$	$Z = 1,29$

Проаналізувавши основні АРА, що знаходяться на озброєнні в нашій країні і за кордоном, вибираємо перший спосіб створення машини, що проєктується: на серійне шасі встановлюємо пожежну надбудову, тобто. кабіну (салон) бойового розрахунку та спеціальну платформу з обладнанням.

Як прототип ходової частини пропонуємо використовувати шасі автомобіля «Урал–6370» (6х6) з переднім кермовим керуванням. Дизельний двигун забезпечить пересування автомобіля, роботу спеціальних агрегатів та пристроїв, роботу насоса, гідравлічної системи, приводу підйомного крана. Передача потужності буде здійснена через механічну зубчасту трансмісію та зчленовані вали.

На обраному шасі встановлюємо кабіну для водія та команди з двох осіб з посадковою формулою 1+2, платформу з додатковим обладнанням та вогнегасними речовинами.

4. РОЗРОБКА ПОЖЕЖНИХ МОДУЛІВ НАДБУДОВИ АВТОМОБІЛЯ

Гасіння більшості пожеж в даний час здійснюється водою, водними розчинами мінеральних солей та повітряно–механічною піною різної кратності. Однак з розвитком нафтової, хімічної та деяких інших галузей промисловості гасіння водою та водними розчинами не завжди стає ефективним та безпечним. Тому для гасіння електроустановок під напругою, лужних металів, кисневмісних речовин тощо. застосовують спеціальні вогнегасні речовини, що включають порошкові склади, інертні гази, галоїдовані вуглеводні та інші композиції вогнегасні. У зв'язку з цим на пожежних автомобілях монтуються установки водопінного, поліпінного, порошкового, газового, аерозольного та комбінованого гасіння.

4.1 Розробка модуля порошкового гасіння

На автомобільних установках порошкового гасіння в основному використовуються три способи подачі вогнегасних порошкових складів (ОПС): пневматичний, аерозольний та комбінований.

При пневматичному способі порошок подається за рахунок надлишкового тиску газів, що тимчасово створюється в ємності, або постійного тиску, що підтримується на рівні 3000...3500 кПа. Цей спосіб застосовувався на пожежних машинах АП–0,7(66)122, що раніше випускалися, і сучасних автомобілях порошкового гасіння АП–4(43101) 001–ТЛ.

При аерозольному способі під похило встановлене днище з багатошарової повітропроникної компресором тканини ротаційного типу РК–6/1 нагнітається повітря під невеликим тиском 150...200 кПа, достатнім для "псевдозрідження" порошку. При цьому порошок похилому днищу стікає до сифонних забірників і далі трубопроводами надходить до стволів. Цей спосіб застосовується на пожежних машинах АП–3(130)148.

Передбачувана схема представлена рисунку 4.1.

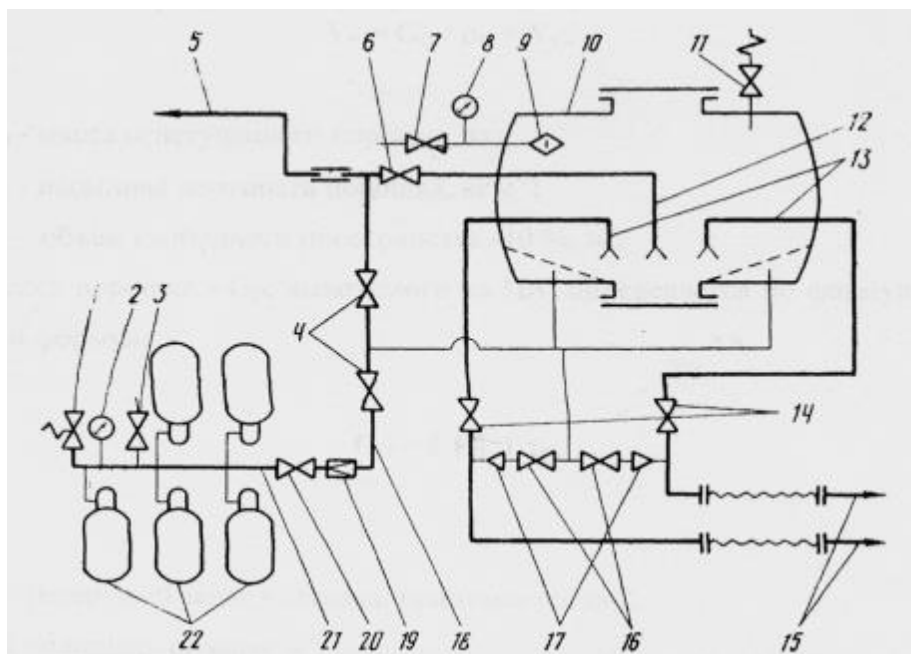


Рисунок 4.1 – Схема порошкових комунікацій модуля, що розробляється:
 1 – Запобіжний клапан високого тиску; 2 – манометр високого тиску; 3 – вентиль;
 4 – клапан низького тиску; 5 – лафетний стовбур; 6 – клапан лафетного ствола;
 7 – вентиль; 8 – манометр низького тиску на посудині; 9 – фільтр лінії вакуумного завантаження; 10 – судина; 11 – запобіжний клапан; 12 – труба лафетного ствола;
 13 – труба рукавної лінії; 14 – клапан труби ручного ствола; 15 – ручний ствол-пістолет; 16 – клапан продування рукавної лінії; 17 – зворотний клапан системи продування; 18 – колектор низького тиску; 19 – редуктор; 20 – клапан високого тиску; 21 – колектор високого тиску; 22 – балон.

При комбінованому способі аерація поєднується з подачею пневматичної під дією надлишкового тиску.

Найбільш вузькими місцями цих систем подачі порошку, як і раніше, залишаються не механізовані процеси заправки ємностей порошком та попередження спостереження порошкових складів при тривалій експлуатації порошкових установок.

На підставі розгляду відомі схеми, пропонується нова схема, що поєднує переваги існуючих систем подачі порошку і найбільш підходяща до заданих умов експлуатації проектного модуля порошкового гасіння.

4.1.1 Розрахунок мобільних установок порошкового гасіння

Розрахунок мобільних установок порошкового гасіння провадиться в

наступній послідовності.

Визначається розрахунковим шляхом об'єм ємності – V_P для порошку:

$$V_p = G_{\Pi} / \rho_{\Pi} + V_c, \quad (4.1)$$

де G_{Π} – насипна щільність порошку, кг;

ρ_{Π} – МАРА вогнегасного порошку, кг;

V_c – обсяг вільного простору – 10%, м³

МАРА порошку – G_{Π} , що вивозиться на ПА, визначається за формулою, аналогічною формулою:

$$G_{\Pi} = k \cdot F_{\Pi} \cdot J \cdot t_{\text{тр}}, \quad (4.2)$$

де k – резервний запас порошку, що приймається $k=2$;

F_{Π} – площа пожежі, м²;

J – інтенсивність подачі, кг(см²)⁻¹;

$t_{\text{тр}}$, – розрахунковий час гасіння, с.

Розрахунок проводимо виходячи з максимальної передбачуваної площі пожежі, яка дорівнює для передбачуваних об'єктів гасіння 70 м². Інтенсивність подачі приймаємо спирту тобто. 0,3.

Тоді МАРА порошку визначиться як:

$$G_{\Pi} = 2 \cdot 70 \cdot 0,3 \cdot 30 = 1260 \text{ кг}$$
$$V_P = 1,1 \cdot 1260 / 1100 = 1,26 \text{ м}^3$$

Розрахунок необхідної кількості стисненого газу (повітря) проведемо за такою формулою:

$$G_{\text{газу}} = G_{\text{раб}} + G_{\text{тр.}} + G_{\text{пр.}}, \quad (4.3)$$

де $G_{\text{раб}}$. – МАРА газу, необхідна для створення робочого тиску, кг

$G_{\text{тр.}}$. – МАРА газу для транспортування порошку до зони горіння, кг;

$G_{\text{пр.}}$ – МАРА газу, необхідна для продування трубопроводів від порошку, що залишився, кг.

У свою чергу кількість газу, необхідну для створення робочого тиску, визначимо за такою формулою:

$$G_{\text{раб}} = V_c \cdot \rho_P, \quad (4.4)$$

де ρ_P – густина газу в ємності при робочому тиску P_P та температурі T_P .

$$\rho_P = P_P / (R \cdot T_P), \quad (4.5)$$

де R – постійна газова, Дж (кг К)⁻¹.

Кількість газу, необхідне транспортування порошку в зону горіння, визначимо за такою формулою:

$$G_{\text{тр.}} = q_{\text{п}} \cdot \tau_{\text{тр.}} / k_{\text{конц.}}, \quad (4.6)$$

де $q_{\text{п}}$ – витрата порошку (розрахунковий), кг с⁻¹;

$\tau_{\text{тр.}}$ – тривалість транспортування порошку, с;

$k_{\text{конц.}}$ – коефіцієнт концентрації газопорошкової суміші для складу марки ПСБ знаходиться в межах 10...25, (кг порошку / кг газу).

Кількість газу, необхідне для продування комунікацій становить:

$$G_{\text{пр.}} = 0,2 \cdot G_{\text{раб.}} \quad (4.7)$$

За необхідною кількістю газу визначимо необхідну для його зберігання кількість балонів – ZБ:

$$ZБ = G_{\text{газу}} / (V_{\text{Б}} \cdot \rho_{\text{Б}}), \quad (4.8)$$

де $V_{\text{Б}}$ – об'єм балона, м³

$\rho_{\text{Б}}$ – щільність газу в балоні при тиску та температурі, кг·м⁻³.

$$G_{\text{раб}} = 0,252 \cdot 0,5 = 0,125$$

$$\rho_P = 4,3 \cdot 10^4 / (287 \cdot 293) = 0,5$$

$$G_{\text{пр.}} = 0,2 \cdot 0,125 = 0,025$$

$$G_{\text{тр.}} = 30 \cdot 30 / 15 = 60$$

$$ZБ = (0,125 + 60 + 0,025) / (0,05 \cdot 500) = 2,4$$

Згідно з розрахунками приймаємо з деяким запасом три балони.

Остаточний варіант схеми порошкових комунікацій для змінного модуля, що працює автономно, без відволікання потужності двигуна базового шасі представлений рисунку 4.2.

Комплектація модуля включає: три балони зі стисненим повітрям або інертним газом; дві котушки із рукавами по 16 м; ємність, розраховану на 1,5 м³ та забезпечує вивіз 1300 кг порошку.

Таким чином, спроектований модуль може забезпечувати подачу 30 кг с⁻¹ порошку протягом 40...45 с, що достатньо для гасіння проектної площі пожежі.

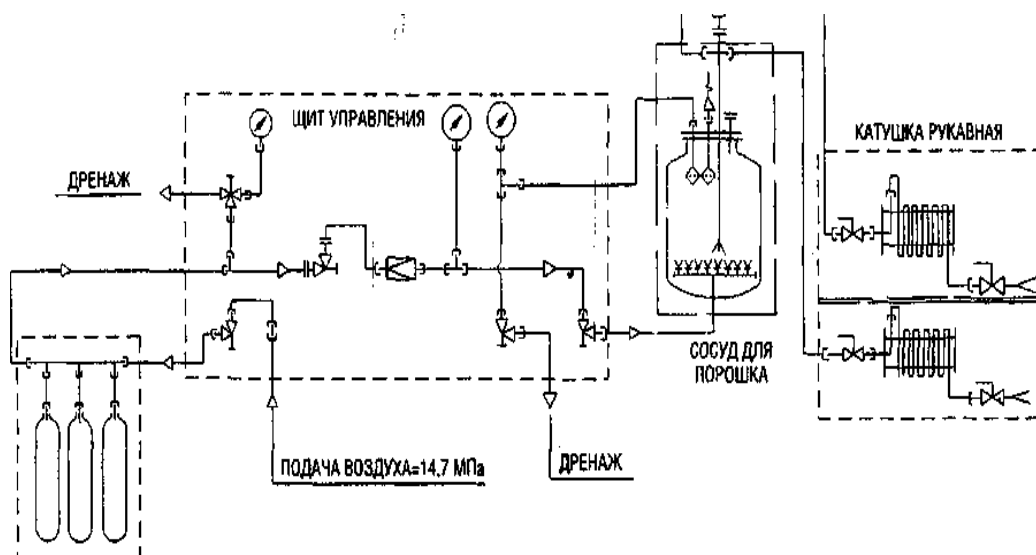


Рисунок 4.2 – Схема порошкових комунікацій змінного модуля

4.2 Розробка модуля газового гасіння

Аналогічно розробленому порошковому модулю може бути використаний модуль газового гасіння, призначений для гасіння пожеж у закритих обсягах з великими матеріальними цінностями (музеї, банки, склади, архіви), приміщеннях об'єктів спиртової промисловості, а також в електроустановках та кабельних тунелях.

З метою зниження витрат під час розробки модуля газового гасіння доцільно використовувати стандартне устаткування. Одним із можливих варіантів може бути схема, представлена на рисунку 4.3. Модуль газового або вуглекислотного гасіння містить: 12 балонів по 40 л, що дозволяють транспортувати 300 кг рідкого двоокису вуглецю (вищого та першого сортів за ДСТУ 4817:2007), дві котушки з можливістю підключення бруктів пробійників

або розтрубів–5 розпилювачів.

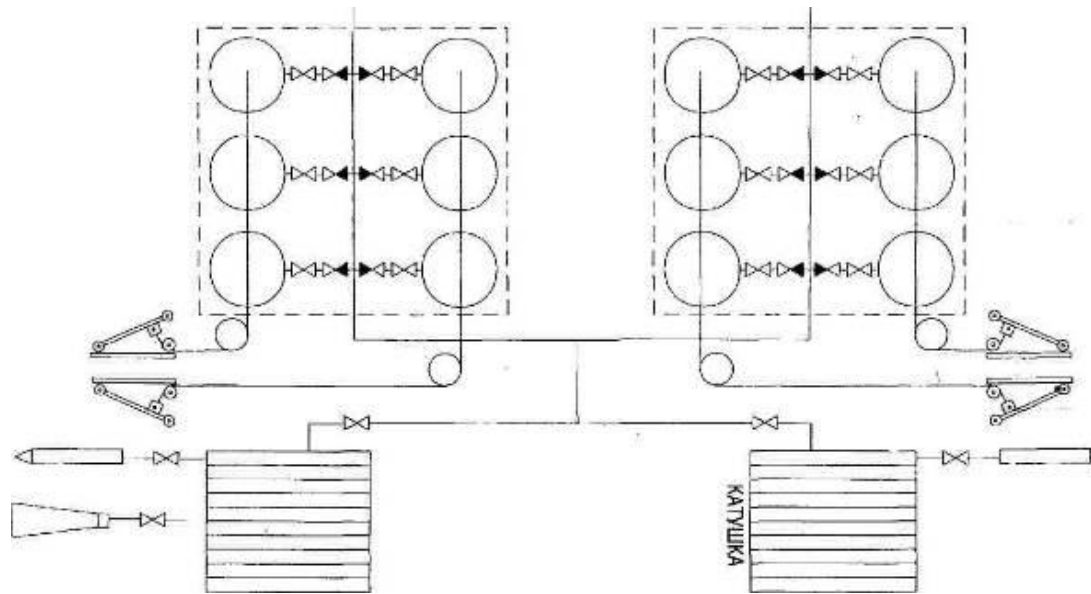


Рисунок 4.3 – Принципова схема вуглекислого гасіння

4.3 Гідравлічна схема підйомного крана

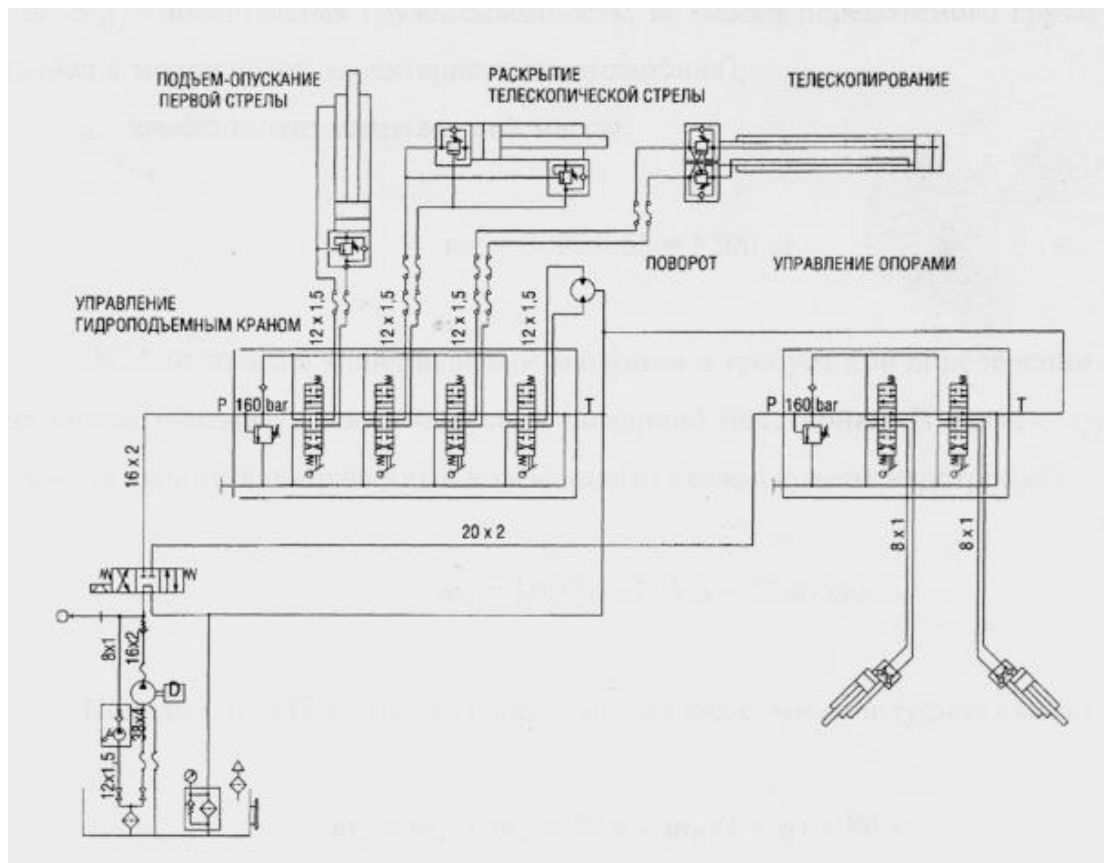


Рисунок 4.4 – Схема гідравлічна принципова

Однією з особливостей машини, що розробляється, є укомплектованість її вантажопідйомним механізмом з гідроприводом. Принципова гідравлічна схема роботи крана показана на рисунку 4.4. Кран має такі характеристики: максимальний вантажний момент, кНм (т.м.) – 30 (3), виліт стріли – 6 м, максимальна висота підйому вантажу – 6 м, кут повороту ± 120 град. Для забезпечення стійкості АРА під час роботи підйомного крана машина має керуватися за допомогою гідравліки двома висувними опорами.

5. КОМПОНОВАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

5.1 Розробка компоувальної схеми

Розробка компоувальної схеми пожежного автомобіля починається з визначення його власної (спорядженої) маси без урахування маси обладнання, що вивозиться (надбудови). З урахуванням коефіцієнта спорядженої маси власна МАРА спорядженого пожежного автомобіля – m_c визначається як:

$$m_c = m_H \cdot q, \quad (5.1)$$

де m_H – номінальна вантажопідйомність, кг (МАРА вантажу, що перевозиться, зазначена в технічній характеристиці автомобіля);
 q – коефіцієнт спорядженої маси.

$$m_c = 8000 \cdot 0,65 = 5200 \text{ кг.}$$

АРА відноситься до спеціальних машин і вимагає при визначенні маси шасі враховувати масу оперення пожежної надбудови. У зв'язку з цим у розрахунки вводиться поправочний коефіцієнт (коефіцієнт надбудови):

$$m_c = 8000 \cdot 0,65 \cdot 1,3 = 6760 \text{ кг.}$$

Повна МАРА ПА – m_A (кг) визначається як сума таких мас:

$$m_A = m_H + m_c + 80z = m_H (1 + \text{год}) + 80z, \quad (5.2)$$

де z – число місць у кабіні (салоні) бойового розрахунку, включаючи водія.

$$m_A = 8000 + 6760 + 80 \cdot 3 = 15000 \text{ кг.}$$

При визначенні числа осей пожежного автомобіля слід врахувати єдині міжнародні норми вагових обмежень для автотранспортних засобів, що зумовлені міцністю дорожніх покриттів. Для пожежних автомобілів, що належать до автомобілів групи Б, призначених для експлуатації по всій мережі

доріг, допустиме навантаження на одинарну вісь, що не керується, повинна бути не більше 60 кН, на одинарну керовану вісь – 45 кН. Загальне число осей визначаємо за такою формулою:

$$d_0 = (GA - k_y G_y) / G_{ny} + k_y, \quad (5.3)$$

де GA – повна вага автомобіля $GA = mA \cdot g$, Н;

g – прискорення вільного падіння, $m \cdot c^{-2}$;

k_y – число керованих осей;

G_y – вагове навантаження на керовану вісь, Н;

G_{ny} – допустиме вагове навантаження на некеровану вісь, Н.

$$k = (15000 \cdot 9,8 - 1 \cdot 45000) / 60000 + 1 \approx 3.$$

Мінімальна кількість осей – k_{min} визначається за умови можливості встановлення руху ПА з невеликою швидкістю в заданих дорожніх умовах зі зчеплення:

$$k_{min} > GA \cdot \psi_{max} (1 - 0,3 \varphi_p) / (G_{ny} \cdot \varphi_p), \quad (5.4)$$

де ψ_{max} – максимальне значення коефіцієнта сумарного опору дороги для розрахунків приймається 0,150;

φ_p – Розрахунковий коефіцієнт зчеплення, що приймається рівним 0,4.

$$K_{min} = 3 > 15000 \cdot 9,8 \cdot 0,150 (1 - 0,3 \cdot 0,4) / (60000 \cdot 0,4) = 0,8.$$

Колісна база – L одна із найважливіших параметрів конструкції ПА. Її значення визначається відповідно до формули:

$$L = G_n (l_k + \Delta + 0,5 \cdot l_{пл}) / (G_n + G_o - G_1), \quad (5.5)$$

де G_n – номінальна вага вантажу, Н;

l_k – відстань від передньої осі автомобіля до задньої стінки кабіни, мм;

Δ – зазор між задньою стінкою кабіни та кузовом $\Delta \approx 100$ мм;

$l_{пл}$ – довжина вантажної платформи, вибирається по прототипу або в залежності

від габаритів устаткування, що розміщується, мм;

G_0 , G_1 – вагове навантаження на передню вісь автомобіля без вантажу та з вантажем, Н.

$$L = 8000 \cdot 9,8 \cdot (360 + 100 + 0,5 \cdot 5840) / (8000 \cdot 9,8 + 2700 - 3600) = 3340 \text{ мм.}$$

Таким чином, визначивши основні параметри шасі, пропонуємо наступну схему компоновки пожежного автомобіля: повнопривідне підвищеної прохідності шасі бхб, класичне компоновання, кабіна над двигуном.

5.2 Визначення координат центру мас та навантажень по осях

Для обраної схеми компоновки шасі згідно з рисунком 5.1:

$$G_2 + G_3 = 0,76 \cdot 15000 = 11400 \Rightarrow G_2 = G_3 = 5700 \text{ кг.}$$

$$G_1 = G_A - (G_2 + G_3) = 15000 - 11400 = 3600 \text{ кг.}$$

$$G_0 = 0,75 \cdot G_1 = 0,75 \cdot 3600 = 2700 \text{ кг.}$$

Координати центру тяжкості ПА (мм) визначаємо як:

$$X_{G_a} = \sum(G_i \cdot x_i) / G_A; Y_{G_a} = \sum(G_i \cdot y_i); Z_{G_a} = (\sum G_i \cdot z_i) / G_A, \quad (5.6)$$

де x_{G_a} , y_{G_a} , z_{G_a} – координати Центру тяжкості ПА по осях ox , oy , oz ;

G_i ; – Вага окремих елементів конструкції ПА, Н;

G_A – повна вага ПА, рівний сумі G_i , Н;

x_i , y_i , z_i – координати центрів тяжіння окремих елементів конструкції ПА по осях ox , oy , oz , мм.

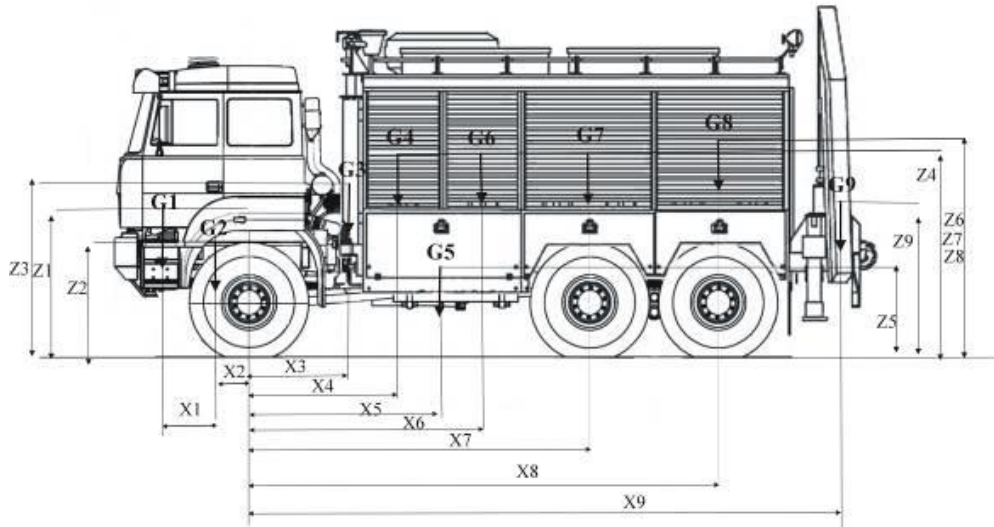


Рисунок 5.1 – Схема вагових навантажень шасі

$$a = xG_a = \sum(G_i \cdot x_i) / G_a = 2,57 \text{ м.}$$

$$h_g = zG_a = \sum(G_i \cdot z_i) / G_a = 1,29 \text{ м}$$

Так як відстань від передньої осі автомобіля до центру мас по осі координат OX $a = xG_a$, $a = 2,57 \text{ м}$. $h_g = zG_a = 1,29 \text{ м}$.

Отримані розрахунковим шляхом координати центру мас проектованого автомобіля показують, що компоновання автомобіля здійснено вдало, вагові навантаження на окремі осі відповідають рекомендаціям заводу виробника шасі, так як близько 74% маси наводиться на задній візок і 26% – на керовану передню вісь. Таким чином, прийняте компоновання забезпечує задані параметри прохідності, керованості, стійкості та безпеки.

6. ТЯГОВО–ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК АВАРІЙНО–РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

Здатність ПА у найкоротший термін прибувати до місця виклику оцінюється головним чином його тягово–швидкісними властивостями. Вони визначають діапазон швидкостей руху та граничні прискорення ПА, можливі на тяговому режимі за технічними характеристиками двигуна та зчеплення провідних коліс з дорогою в різних експлуатаційних умовах.

6.1 Вибір параметрів тягового розрахунку

Для проведення тягового розрахунку необхідно вибрати типорозмір пневматичних шин, відносну радіальну деформацію їх профілю, механічний ККД трансмісії, коефіцієнт обтічності машини, коефіцієнт опору руху та попередньо визначити динамічний та кінематичний радіуси колеса, а також площу Міделя.

6.1.1 Типорозмір шин та радіуси колеса

Вибір пневматичних шин проводиться з урахуванням їхньої номенклатури за найбільш навантаженими колесами ПА.

Динамічний радіус колеса – R_d (м) у першому наближенні приймається рівним статичному радіусу прототипу – $r_{ст}$, який наводиться у ДСТУ на пневматичні шини.

За відсутності даних за статичним радіусом користуємося для еластичних шин наступним виразом:

$$r_d = 0,5 d + \lambda_{ш} \cdot \Delta \cdot B_{ш}, \quad (6.1)$$

де d – посадковий діаметр обода колеса, зазначений у маркуванні шини в мм або дюймах, м;

$\lambda_{ш}$ – відносна радіальна деформація профілю шини (коефіцієнт зминання шини під навантаженням), що приймається $\lambda_{ш} = 0,89 \dots 0,9$;

Δ – Відношення висоти профілю шини до її ширини: для звичайних автомобільних шин приймається $\Delta = 1$, для широко профільних та арочних вказується в маркуванні шини;

$B_{ш}$ – ширина профілю шини, вказана у маркуванні в мм, м.

Радіус кочення колеса (кінематичний) – r_k визначається експериментально. За відсутності експериментальних даних для діагональних шин приймаємо $r_k = 1,02 r_d$, для радіальних шин $r_k = 1,04 r_d$.

$$r_d = 0,5 \cdot 508 + 0,89 \cdot 1 \cdot 260 = 485,4 \text{ м.}$$

$$r_k = 1,04 \cdot 485 = 505 \text{ м.}$$

6.1.2 Коефіцієнт корисної дії трансмісії

Коефіцієнт корисної дії механічної трансмісії (ККД) характеризує втрати потужності в механізмах трансмісії при її передачі від первинного валу коробки до провідних коліс автомобіля.

ККД механічної трансмісії η_{TP} дорівнює добутку коефіцієнтів корисної дії механізмів, що входять у трансмісію:

$$\eta_{TP} = \eta_{кп} \cdot \eta_{дк} \cdot \eta_{до} \cdot \eta_{Г} \cdot \eta_{кр} \quad (6.2)$$

де $\eta_{кп}$ – ККД коробки передач (основний), що приймається 0,96 ... 0,98;

$\eta_{дк}$ – ККД додаткової коробки (роздавальної, демультіплікатора), що маркується в межах 0,93...0,97;

$\eta_{до}$ – ККД карданної передачі, для одного шарніра $\eta_{до} = 0,995$;

$\eta_{Г}$ – ККД головної передачі, що варіюється в межах 0,93 ... 0,97;

$\eta_{кр}$ – ККД колісного редуктора, що приймається $\eta_{кр} = 0,96 \dots 0,98$.

$$\eta_{TP} = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,995 \cdot 0,995 \cdot 0,96 = 0,885.$$

6.1.3 Коефіцієнт обтічності та площа Міделя

Аеродинамічні властивості ПА характеризуються фактором обтічності, що є твір коефіцієнта обтічності та площі лобового опору (Міделя).

Коефіцієнт обтічності – k_v дорівнює силі опору повітря, що діє на один квадратний метр лобової площі ПА при швидкості його руху $1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Площа Міделя – S_M дорівнює площі проекції ПА на площину, перпендикулярну до поздовжньої осі. У проектних розрахунках вона визначається з виразу:

$$S_M = a \cdot B_A \cdot H_A, \quad (6.3)$$

$$S_M = 0,65 \cdot 2,5 \cdot 3,6 = 5,85 \text{ м}^2.$$

де a – Коефіцієнт заповнення площі:

для вантажних автомобілів та автопоїздів $a = 0,75 \dots 0,90$;

B_A – габаритна (найбільша) ширина ПА, що визначається за компоновочною схемою або приймається за прототипом, у відповідність таблиці 1.1;

H_A – габаритна (найбільша) висота ПА, що визначається за компоновочною схемою або приймається за прототипом, у відповідність таблиці 3.1.

Фактор обтічності – K_B визначаємо як:

$$K_B = k_B \cdot S_M. \quad (6.4)$$

$$K_B = 0,6 \cdot 5,85 = 3,51.$$

6.2 Розрахунок параметрів двигуна пожежного автомобіля

Необхідна ефективна потужність двигуна визначається з рівняння балансу потужності при русі ПА з максимальною швидкістю:

$$N_{E\nu} = (\psi\nu \cdot G_A \cdot \nu A_{\max} + K_B \cdot S_M \cdot \nu A_{3\max}) / 1000 \eta_{\text{гр}}. \quad (6.5)$$

де $N_{E\nu}$ – ефективна потужність двигуна за максимальної швидкості руху ПА (кВт);

$\psi\nu$ – коефіцієнт опору руху, що відповідає четвертій категорії доріг, приймається $\psi\nu = 0,02$.

$$N_{E\nu} = (0,02 \cdot 15000 \cdot 9,8 \cdot 27,8 + 0,6 \cdot 5,85 \cdot 27,83) / (1000 \cdot 0,885) = 176 \text{ кВт}.$$

Максимальна ефективна потужність двигуна – N_E (кВт) визначається за допомогою наступного співвідношення:

Для дизельних двигунів

$$N_{E_{\max}} = N_{E\nu} = 176 \text{ кВт}. \quad (6.6)$$

6.2.1 Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

Зовнішня швидкісна характеристика є основою технічного розрахунку двигуна, що проектується. Її розрахунок ведеться, зазвичай, за такою формулою

С.Р. Лейдермана:

$$N_E = N_{E_{\max}} \cdot (a(n/n_N) + b(n/n_N)^2 - c(n/n_N)^3), \quad (6.7)$$

де N_e – поточні значення ефективної потужності;

a, b, c – постійні для кожного типу двигуна коефіцієнти:

для дизельного двигуна $a = 0,53, b = 1,56, c = 1,09$;

n – поточне значення частоти обертання колінчастого валу двигуна, мін^{-1} ;

n_N – частота обертання колінчастого валу за максимальної потужності двигуна, $\text{об} \cdot \text{мін}^{-1}$, відповідно до таблиці 3.1.

$$N_E = 176 \cdot (0,81(1000/2200) + 0,87(1000/2200)^2 - 0,68(1000/2200)^3) = 85,4 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнти a, b , вибрані для турбодизеля.

Ефективний крутний момент двигуна – M_E при цьому визначаємо як:

$$M_E = 9550 N_E/n, \quad (6.8)$$
$$M_E = 9550 \cdot 85,4/1000 = 815,75 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

де n – поточне значення частоти обертання колінчастого валу двигуна, мін^{-1} .

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.1. За отриманими значеннями будуємо графіки, що відповідають зовнішній швидкісній характеристикі двигуна, рисунок 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри зовнішньої швидкісної характеристикі двигуна

$n, \text{об} \cdot \text{хв}^{-1}$	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400
$N_E, \text{кВт}$	85,4	122,1	153,8	176	184,5	175	0,875
$M_E, \text{Н} \cdot \text{м}$	815,75	833	815,75	764	677,75	557	0

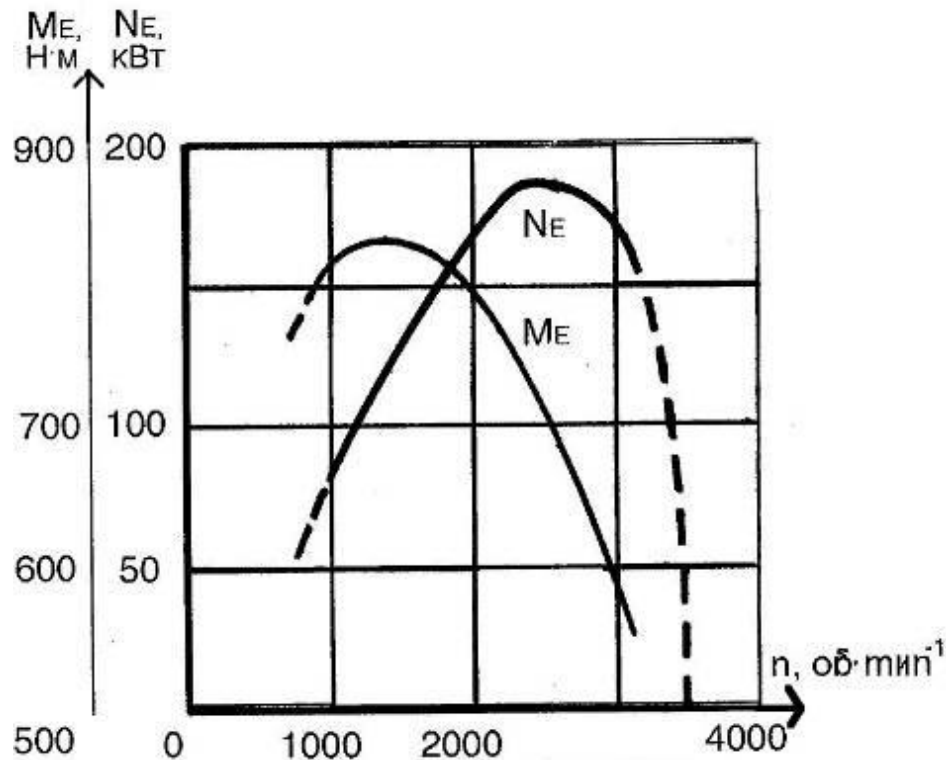


Рисунок 6.1 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

6.3 Розрахунок параметрів трансмісії

Правильний розрахунок параметрів трансмісії є необхідною передумовою одержання високих середніх швидкостей руху ПА та його гарної паливної економічності.

6.3.1 Передавальна кількість головної передачі

Передатне число головної передачі – i_{Γ} визначається за умови забезпечення заданої максимальної швидкості руху ПА на найвищому ступені в коробці за формулою:

$$i_{\Gamma} = 0,377 \cdot r_k \cdot n_9 / (i_{\text{КПВ}} \cdot i_{\text{ДКВ}} \cdot v_{A_{\text{max}}}), \quad (6.9)$$

де r_k – кінематичний радіус кочення колеса, м;

$i_{\text{КПВ}}$ – передавальне число вищого ступеня основної коробки:

для коробок вантажних автомобілів із числом передач менше шести, $i_{\text{КПВ}} = 1$;

для решти автомобілів приймається $0,6 \dots 1,0$;

$i_{\text{ДКВ}}$ – передавальне число вищої передачі додаткової коробки або демультіплікатора, в розрахунках приймається $1 \dots 1,44$ (1 – за її відсутності);

$v_{A_{\max}}$ – максимальна швидкість руху ПА на прямій передачі, км·год⁻¹;

n_v – частота обертання колінчастого валу двигуна, що відповідає максимальній швидкості руху ПА, об·хв⁻¹.

Частоту обертання колінчастого валу двигуна визначаємо через коефіцієнт його спритності:

$$n_v = v_{A_{\max}} \cdot \eta_{од}, \quad (6.10)$$

де $\eta_{од}$ – коефіцієнт обертальності двигуна, що приймається для легкових автомобілів та вантажних з дизельним двигуном у межах 30...35, для вантажних автомобілів з бензиновим двигуном – 35...45.

$$n_v = 100 \cdot 35 = 3500 \text{ об} \cdot \text{хв}^{-1}.$$

$$i_{\Gamma} = 0,377 \cdot 0,508 \cdot 3500 / (1 \cdot 1 \cdot 100) = 6,7.$$

6.3.2 Передатне число нижчого ступеня коробки передач

Передатне число нижчого (першого) ступеня основної коробки передач – $i_{КПН}$ знаходимо з умови подолання автомобілем максимального опору дороги:

$$i_{КПН} = G_A \cdot \psi_{\max} \cdot r_d / (M E_{\max} \cdot i_{ДК} \cdot i_{\Gamma} \cdot \eta_{ТП}), \quad (6.11)$$

де ψ_{\max} – максимальне значення сумарного коефіцієнта опору дороги, яке приймається в розрахунках рівним 0,4.

$$i_{КПН} = 15000 \cdot 9,8 \cdot 0,4 \cdot 0,508 / (833 \cdot 0,85 \cdot 6,7 \cdot 0,885) = 7,1$$

Отримане значення першої передачі основної коробки перевіряємо за умовою буксування. Буксування не буде, якщо виконується нерівність: для задньопривідних ПА

$$i_{КПН} \leq G_{\phi} \cdot \phi_{цл} \cdot r_d / (M E_{\max} \cdot i_{ДК} \cdot i_{\Gamma} \cdot \eta_{ТП}) \cdot (L / (L - h_g \cdot \phi_{ц}));$$

де G_{ϕ} – зчіпна вага ПА, тобто. вага припадає на провідну вісь, Н;

$\phi_{цл}$ – коефіцієнт зчеплення шин із дорогою, який приймається для сухого шосе 0,7...0,8;

L – база автомобіля, що приймається з компоувальної схеми, м;

h_g – висота центру мас, що приймається з компоувальної схеми, м.

$$i_{\text{КПН}} = 7,1 \leq 11400 \cdot 9,8 \cdot 0,8 \cdot 0,508 / (833 \cdot 0,85 \cdot 6,7 \cdot 0,885) (4,26 / (4,26 - 2 \cdot 0,8)) \\ = 17,3$$

6.3.3 Передавальні числа проміжних ступенів коробки передач

Передавальні числа проміжних щаблів коробки передач вибираються з умови забезпечення максимальної інтенсивності розгону ПА, а також можливості тривалого руху за підвищеного опору дороги.

Для використання в процесі розгону ПА найбільшої середньої потужності двигуна частота обертання його колінчастого валу повинна знаходитися в діапазоні частот, близьких до частоти, що відповідає максимальній потужності. Тоді передатне число кожного наступного ступеня виходить із попереднього множенням на постійний множник ряду геометричної прогресії. Для 1-го ступеня коробки передач маємо:

$$i_{\text{КП } i} = (i_{\text{КПН}}^{m-1} \cdot i_{\text{КПВ}})^{1/(m-1)}, \quad (6.12)$$

де $i_{\text{КП } i}$ – передавальне число i -го ступеня коробки передач;

$i_{\text{КПН}}$ – передавальне число нижчого ступеня коробки передач;

$i_{\text{КПВ}}$ – передавальне число найвищого ступеня коробки передач;

m – кількість ступенів коробки передач.

$$i_{\text{КП } 1} = 7,1; i_{\text{КП } 2} = 4,35; i_{\text{КП } 3} = 2,66; i_{\text{КП } 4} = 1,6; i_{\text{КП } 5} = 1.$$

6.4 Побудова тягової характеристики

Тягове зусилля на колесі визначаємо з наступного виразу:

$$F_{\text{Кі}} = M_{\text{Е}} \cdot i_{\text{КПі}} \cdot i_{\text{ДК}} \cdot i_{\text{Г}} \cdot \eta_{\text{ТР}} / r_{\text{д}}, \quad (6.13)$$

де $F_{\text{Кі}}$ – тягове зусилля при i -му ступені коробки передач, Н;

$M_{\text{Е}}$ – ефективний крутний момент двигуна, що приймається відповідно до обраних частот обертання колінчастого валу за зовнішньою швидкісною характеристикою, Н·м;

$i_{\text{КПі}}$ – передаточне число i -го ступеня коробки передач.

Швидкість руху ПА $v_{\text{А}}$ ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) при заданій частоті обертання колінчастого

валу двигуна – n ($\text{об} \cdot \text{хв}^{-1}$) з урахуванням передавального числа трансмісії обчислюємо за формулою:

$$v_A = 0,105 \cdot r_k \cdot \pi / i_{TP}, \quad (6.14)$$

де r_k – кінематичний радіус кочення колеса, м;

i_{TP} – загальне передатне число трансмісії, яке визначається як:

$$i_{TP} = i_{КП} \cdot i_{ДК} \cdot i_G, \quad (6.15)$$

$$i_{TP} = 7,82 \cdot 1 \cdot 6,7 = 52,4.$$

$$v_A = 0,105 \cdot 0,508 \cdot 1000 / 52,4 = 1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$F_{K1} = 815,75 \cdot 7,82 \cdot 1 \cdot 6,7 \cdot 0,885 / 0,508 = 74459 \text{ Н}.$$

Отримані чисельні значення зводимо до таблиці 6.2 і з її даним будемо тягову характеристику ПА.

Таблиця 6.2 – Параметри тягової характеристики АРА

Передача	Параметр	Частота обертання колінчастого валу Двигуна, $\text{об} \cdot \text{мін}^{-1}$						
		1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400
1	$F_{K1}, \text{Н}$	74459	76033	7445	69730	61858	50837	0
	$v_A, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4
2	$F_{K2}, \text{Н}$	38400	39190	38000	35900	31900	26200	0
	$v_A, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	1,94	2,76	3,5	4,3	5	5,82	–
3	$F_{K3}, \text{Н}$	23804	24324	23804	22308	19790	16264	0
	$v_A, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	3	4,2	5,4	6,6	7,8	9	–
4	$F_{K4}, \text{Н}$	14561	14869	14561	13637	12098	9942	0
	$v_A, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	5	7	9	11	13	15	–
5	$F_{K5}, \text{Н}$	9544	9746	9544	8939	7930	6517	0
	$v_A, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	8	11,2	14,4	17,6	20,8	4	–

Тягова характеристика пожежного автомобіля, що проектується, представлена на рисунку 6.2.

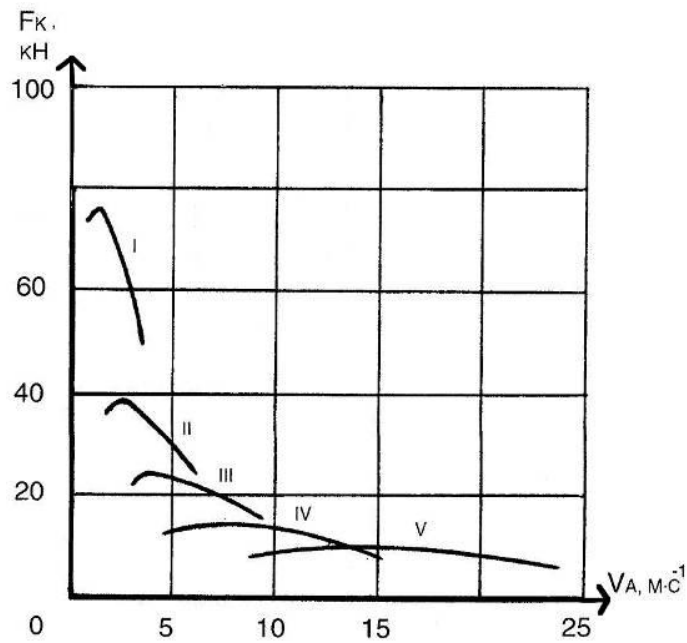


Рисунок 6.2 – Тягова характеристика АРА

6.5 Побудова динамічної характеристики

Для побудови динамічної характеристики ПА користуються рівнянням званого динамічного чинника:

$$D = (F_K - F_B)/G_A, \quad (6.16)$$

де D – динамічний фактор, для порівняльної оцінки динамічних властивостей автомобілів із різними технічними характеристиками;

F_B – сила опору повітря, що визначається через фактор обтічності (формула 4.4) та швидкість руху ПА, Н:

$$F_B = K_B \cdot (v_A)^2, \quad (6.17)$$

$$F_B = 3,51 \cdot (1)^2 = 3,51 \text{ Н.}$$

$$D_1 = (74459 - 3,51)/(15000 \cdot 9,8) = 0,506.$$

Результати розрахунків, аналогічно порядку побудови тягової характеристики, зводимо у таблиці 6.3.

За даними таблиці будемо залежності динамічного чинника від швидкості руху, представлені рисунку 6.3.

Таблиця 6.3 – Параметри динамічного фактору АРА

Передача	Параметр	Частота обертання колінчастого валу двигуна, об·мін ⁻¹						
		1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400
1	F _{к1} , Н	74459	76033	74453	69730	61858	50837	0
	v _А , м·с ⁻¹	1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4
	F _В , Н	3,51	7,12	11,37	17	23,7	31,6	40,6
	D ₁	0,506	0,517	0,506	0,470	0,420	0,340	–
2	F _{к2} , Н	38400	39190	38000	35900	31900	26200	0
	v _А , м·с ⁻¹	1,94	2,76	3,5	4,3	5	5,82	–
	F _В , Н	13,2	26,7	43	64,9	87,75	118,9	–
	D ₂	0,26	0,27	0,258	0,243	0,216	0,177	–
3	F _{к3} , Н	23804	24324	23804	22308	19790	16264	0
	v _А , м·с ⁻¹	3	4,2	5,4	6,6	7,8	9	–
	F _В , Н	31,59	61,9	102,35	152,9	213,5	284,3	–
	D ₃	0,16	0,165	0,161	0,15	0,133	0,108	–
4	F _{к4} , Н	14561	14869	14561	13637	12098	9942	0
	v _А , м·с ⁻¹	5	7	9	11	13	15	–
	F _В , Н	87,75	171,99	284,3	424,7	593,2	789,75	–
	D ₄	0,098	0,1	0,097	0,089	0,078	0,062	–
5	F _{к5} , Н	9544	9746	9544	8939	7930	6517	0
	v _А , м·с ⁻¹	8	11,2	14,4	17,6	20,8	24	–
	F _В , Н	224,6	440,3	727,8	1087,2	1518,5	2021,8	–
	D ₅	0,06	0,063	0,059	0,053	0,04	0,03	–

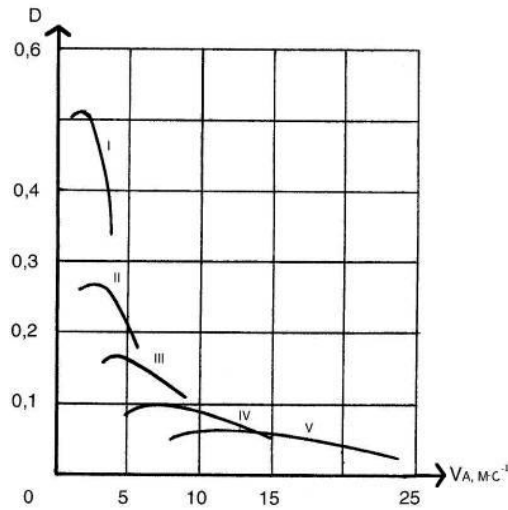


Рисунок 6.3 – Динамічна характеристика АРА

Прискорення $\Pi_A - j_A$ на горизонтальній дорозі визначаємо як:

$$J_A = (D_i - \psi) \cdot g / \delta, \quad (6.18)$$

де ψ – сумарний коефіцієнт опору дороги, який приймається для розрахунків рівним 0,02;

g – прискорення вільного падіння, $m \cdot c^{-1}$;

δ – Коефіцієнт обліку обертових мас, визначається як:

$$\delta = 0,05 + 1 + 0,07 (i_{кп})^2, \quad (6.19)$$

де $i_{кп}$ – передавальне число коробки передач, вибирається відповідно до розрахункової передачі.

$$\delta = 0,05 + 1 + 0,07 \cdot (7,82)^2 = 5,33.$$

$$J_A = (0,506 - 0,02) 9,8/5,33 = 0,89 \text{ м с}^{-2}$$

Отримані величини прискорень заносимо до таблиці 6.4, за даними якої будуємо для першої, третьої та п'ятої передач графічні залежності $J_A = F(v_A)$, представлені рисунку 6.4.

Таблиця 6.4 – Значення прискорення АРА різних передачах

Передача	Параметр	Частота обертання колінчастого валу двигуна, об·хв ⁻¹						
		1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400
1	$J_{A1} \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$	0,89	0,91	0,89	0,82	0,73	0,6	–
	$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4
3	$J_{A2} \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$	0,92	0,96	0,93	0,86	0,74	0,58	–
	$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	3	4,2	5,4	6,6	7,8	9	–
5	$J_{A3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$	0,35	0,37	0,34	0,288	0,175	0,08	–
	$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	8	11,2	14,4	17,6	20,8	24	–

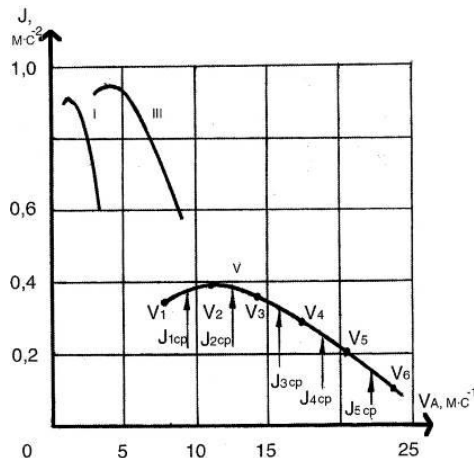


Рисунок 6.4 – Графіки прискорень АРА різних передачах

6.6 Побудова графіків часу та шляхи розгону

Графіки часу $\tau = f(v_A)$ та шляхи розгону $s = f(v_A)$ будуються виходячи з графіка прискорень ПА графоаналітичним методом. На кривій прискорень (рис.6.4) виділяються ділянки, на яких швидкість руху ПА відповідає його розгону на 1-й, 2-й та наступних передачах. Потім кожна з цих ділянок розбивається на чотири або більше однакових інтервалів швидкостей, у межах яких прискорення приймається постійним. Значення інтервалу швидкостей на 1-й передачі рекомендується вибирати в межах 0,5...1, на проміжних – 1...3, вищої – 3...4 м·с⁻¹. Межі інтервалів та ділянок швидкостей послідовно позначають $v_1; v_2; v_3; v_i$ т.д., а відповідні значення прискорень – $j_1; j_2; j_3; j_4; i$ т.д.

Час розгону ПА(с) визначається для кожного вибраного інтервалу швидкостей:

$$\tau_1 = 2 (v_1 - 0)/(j_1 + 0);$$

$$\tau_2 = 2 (v_2 - v_1)/(j_1 + j_2); \quad (6.20)$$

$$\tau_3 = 2 (v_3 - v_2)/(j_2 + j_3); \text{ і т.д.}$$

$$\tau_1 = 2 (8 - 0) / (0,35 + 0) = 45,7 \text{ с}$$

Потім кожного інтервалу швидкостей визначається шлях розгону ПА (м):

$$S_1 = (0 + v_1) \cdot \tau_1 / 2; = (v_1 + v_2) \cdot \tau_2 / 2; \quad (6.21)$$

$$S_1 = (v_2 + v_3) \cdot \tau_3 / 2;$$

$$l = (0 + 8) 45,7 / 2 = 182,8 \text{ м}$$

Сумарний час та сумарний шлях розгону ПА визначається підсумовуванням відповідних значень на окремих інтервалах:

$$\tau = \sum \tau_i = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n, \text{ с}; \quad (6.22)$$

$$\tau = \sum \tau_i = 45,7 + 8,88 + 9 + 10,19 + 13,82 + 25 = 112,59 \text{ с}$$

$$s = s = s_1 + s_2 + \dots + s_n, \text{ м} \quad (6.23)$$

$$s_i = 182,8 + 85,2 + 115,2 + 163,0 + 265,3 + 560,0 = 1371,5 \text{ м.}$$

Результати обчислень заносимо до таблиці 6.5, за даними якої будемо графічні залежності $\tau = f(v_A)$ і $s = f(v_A)$, представлені рисунку 6.5.

Таблиця 6.5 – Значення часу та шляхи розгону АРА

Величина	Інтервал швидкостей				
	1	2	3	4	5
Швидкість наприкінці інтервалу $v, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	11,2	14,4	17,6	20,8	24
Прискорення в кінці інтервалу $j_i, \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$	0,37	0,34	0,288	0,175	0,08
Час розгону в інтервалі $\tau_i, \text{ з}$	8,88	9	10,19	13,82	25
Сумарний час розгону $\tau = \sum \tau_i, \text{ з}$	112,59				
Шлях розгону в інтервалі $s_i, \text{ м}$	85,2	115,2	163	265,3	560
Сумарний шлях розгону $s = \sum s_i, \text{ м}$	1371,5				

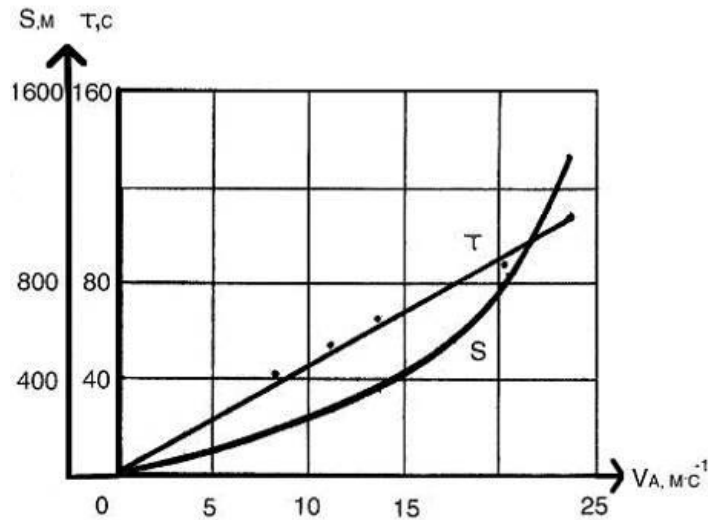


Рисунок 6.5 – Час та шлях розгону АРА

6.7 Побудова графіка потужності балансу

Для оцінки експлуатаційних властивостей ПА практично зручно користуватися графіком потужнісного балансу. За значеннями сили тяги на провідних колесах, що зведені в табл. 6.2, для кожної передачі будемо криві тягової потужності функції швидкості руху $NK_i = f(v_A)$. При цьому тягову потужність на провідних колесах – NK_i (кВт) визначаємо за такою формулою:

$$K_i = FK_i \cdot v_A / 1000 \quad (6.24)$$

Потужність – N_B (кВт), що витрачається на подолання опору повітря, визначаємо як:

$$N_B = F_B \cdot v_A / 1000 \quad (6.25)$$

Потужність – N_D (кВт), що витрачається на подолання сумарного опору дороги, визначаємо як:

$$N_D = G_A \cdot \psi \cdot v_A / 1000, \quad (6.26)$$

де ψ – коефіцієнт опору руху, що приймається $\psi = 0,02$.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.6, за даними якої будемо графік балансу потужності, загальний вигляд якого показаний на рисунку 6.6.

Таблиця 6.6 – Параметри балансу потужності АРА

Параметр	Частота обертання колінчастого валу двигуна, об·мін ⁻¹					
	1000	1400	1800	2200	2600	3000
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	1	3	5	9	15	24
$N_B, \text{ кВт}$	0,0035	0,095	0,439	2,559	11,846	48,52
$N_D, \text{ кВт}$	2,94	8,82	14,7	26,5	44,1	70,56
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	1	1,425	1,8	2,2	2,6	3,4
$N_{K1}, \text{ кВт}$	74,46	107,96	134,0	153,4	160,8	152,5
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	1,94	2,76	3,5	4,3	5	5,82
$N_{K2}, \text{ кВт}$	74,5	108,16	133,0	154,4	159,5	152,5
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	3	4,2	5,4	6,6	7,8	9
$N_{K3}, \text{ кВт}$	69	102,16	128,5	147,2	154,3	146,4
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	5	7	9	11	13	15
$N_{K4}, \text{ кВт}$	72,8	104,0	131,0	150,0	157,3	149,1
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	8	11,2	14,4	17,6	20,8	24
$N_{K5}, \text{ кВт}$	76,3	109,15	137,4	157,3	164,9	156,4

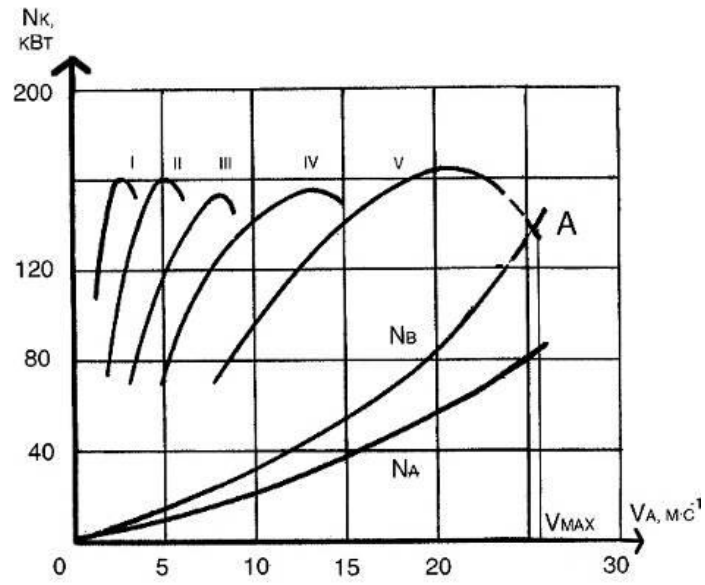


Рисунок 6.6 – Графік потужності балансу

Точка А відповідає максимально можливу швидкість руху АРА у заданих умовах з урахуванням сил опору руху, саме сил опору дороги тобто. кочення та підйому, і аеродинамічних складових сил опору повітря.

7 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЬ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

7.1 Показники паливної економічності

Основним оцінним показником паливної економічності ПА є загальна витрата палива, віднесена до пройденого шляху.

Паливно-економічною характеристикою називається залежність дорожньої витрати палива від швидкості ПА при встановленому русі по дорогах з різним коефіцієнтом опору. Вона може бути побудована для кожної передачі.

Дорожню витрату палива визначаємо за формулою:

$$Q_s = q_N(N_D + N_B) k_n \cdot k_i / (36 v_A \cdot \eta_{тр} \cdot \rho_T), \quad (7.1)$$

де Q_s – шляховий витрата палива, л/100 км;

q_N – питома витрата палива проектного двигуна при N_{max} : для дизелів $q_N = 195 \dots 230 \text{ г} \cdot (\text{кВт} \cdot \text{год})^{-1}$;

k_n – коефіцієнт, що враховує зміну питомої витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу двигуна;

k_i – коефіцієнт, що враховує зміну питомої витрати палива в залежності від ступеня використання потужності двигуна;

ρ_T – щільність палива: для дизельного палива $\rho_T = 0,86 \text{ г см}^{-3}$.

$$Q_s = 230 (25 + 2,5) 1,04 \cdot 1,1 / (36 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 0,86) = 34,16 \text{ л/100 км}$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 7.1, за даними якої будемо залежність $Q_s = f(v_A)$, представлену рисунку 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри паливно-економічної характеристики АРА

Параметр	Частота обертання колінчастого валу двигуна, об·хв ⁻¹				
	1000	1400	1800	2200	3000
$v_A, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	8	9	13	15	24
$N_K, \text{ кВт}$	76,3	100	120	140	156,4
$N_D + N_B, \text{ кВт}$	27,5	29	37	56	119
I	0,35	0,29	0,32	0,4	0,76
k_i	1,1	1,1	1,1	1	0,8
k_n	1,04	1,01	1	0,89	0,67
n_0	0,9	1	1,4	1,66	2,66
$Q_s, \text{ л/100 км}$	34,16	31,28	28	29	34,66

7.2 Показники гальмівних властивостей

Основними оціночними показниками динамічності ПА при гальмуванні є уповільнення $-j^3$ ($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$) та шлях гальмування $-ST(\text{м})$:

$$J_3 = (\varphi \cdot \cos\alpha + f \pm \sin\alpha); \quad (7.2)$$

$$ST = v_A^2 / 2g (\varphi \cdot \cos\alpha + f \pm \sin\alpha), \quad (7.3)$$

де φ – Коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, приймається $\varphi = 0,6$;

v_A – приймається для розрахунків $v_A = 0,6 \cdot v_{A_{\max}}$;

f – коефіцієнт опору коченню коліс, що приймається $f = 0,02$.

$$j_3 = (0,6 \cdot 0,98 + 0,02 + 0,05) 9,8 = 6,45 \text{ мс}^{-2} T = (0,6 \cdot 26)^2 / 2 \cdot 9,8 (0,6 \cdot 0,98 + 0,02 + 0,05) = 18,87 \text{ м}$$

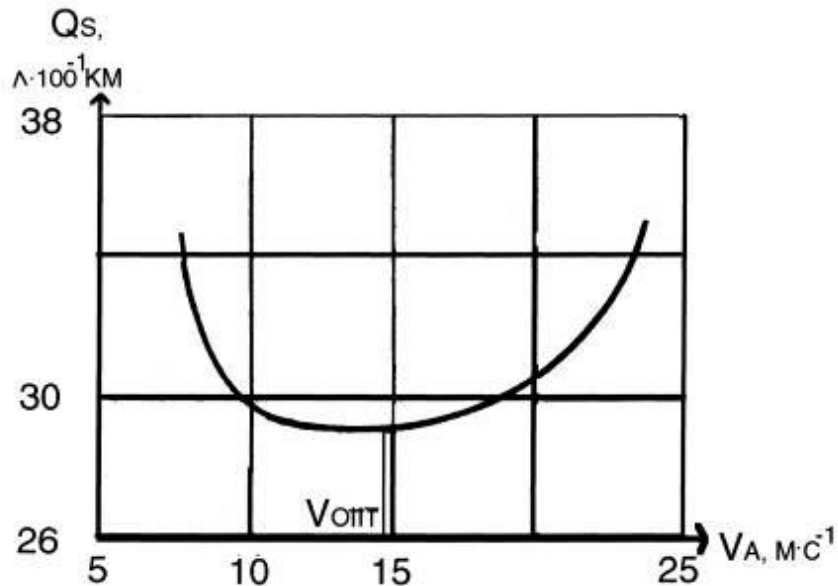


Рисунок 7.1 – Паливно-економічна характеристика АРА

7.3 Показники стійкості

За оціночні показники поперечної стійкості ПА на кривій полотна дороги приймаються критичні швидкості руху, при яких настає бічне перекидання або занесення автомобіля:

$$v_{\text{оп}} = (g \cdot R \cdot B / 2 h g)^{1/2}, \quad (7.4)$$

$$v_3 = (g \cdot R \cdot \phi)^{1/2}, \quad (7.5)$$

де $v_{оп}$ – критична швидкість ПА з бокового перекидання, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

R – радіус кривої полотна дороги, м ;

B – колія автомобіля, м ;

h_g – висота розташування центру мас, що приймається з комп. схеми, м ;

v_3 – критична швидкість руху ПА з бокового занесення, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$

$$v_{оп} = (9,8 \cdot 25 \cdot 2,2 / 2 \cdot 1,4)^{1/2} = 13,29 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$v_3 = (9,8 \cdot 25 \cdot 0,6)^{1/2} = 12,12 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

За даними розрахунків, відповідно до заданих умов, будуюмо залежності, представлені на рисунку 7.2.

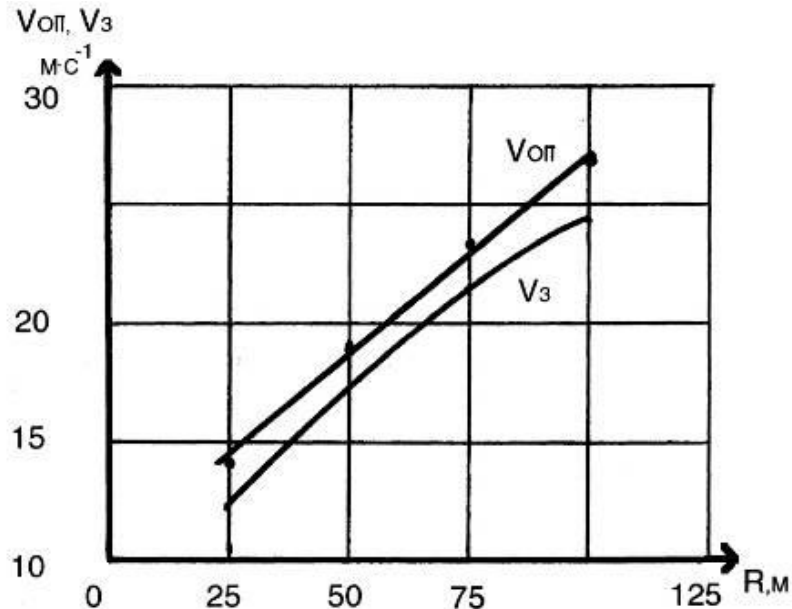


Рисунок 7.2 – Залежність критичних швидкостей від радіусів кривизни дороги

7.4 Показники керованості

Критична швидкість ПА за умовами керованості $v_{упр}$ ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) визначається за такою формулою:

$$v_{упр} = (((\phi_y^2 - f_2) / \text{tg} \theta - f) L \text{Cos} \theta \cdot g)^{1/2}, \quad (7.6)$$

де ϕ_y – коефіцієнт зчеплення керованих коліс з дорогою, який приймається в

розрахунках рівним 0,6;

θ –максимальний середній кут повороту керованих коліс ПА, зазвичай $\theta = 0,62 \dots 0,7$ рад. (35 ... 40 °);

L – колісна база ПА, м

$$v_{\text{упр}} = (((0,62 - 0,022) / 0,7 - 0,02) 5,2 0,55 9,8) 1/2 = 3,7 \text{ мс}^{-1}$$

Якщо ПА рухається зі швидкістю більшою, ніж $v_{\text{упр}}$, то керовані колеса будуть прослизати в поперечному напрямку і поворот їх на ще більший кут не змінить загального напрямку руху.

Граничний радіус повороту при еластичних шинах - PE (м) визначається як:

$$PE = L / (\text{tg}(\theta - \sigma_1) + \text{tg}\sigma_2), \quad (7.7)$$

де σ_1, σ_2 –кути відведення коліс, відповідно, передньої та задньої осі, град:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= F\sigma_1 / \Sigma k_{\text{ув}}, \\ \sigma_2 &= F\sigma_2 / \Sigma k_{\text{ув}}, \end{aligned} \quad (7.8)$$

де $k_{\text{ув}}$ – коефіцієнт опору відведення одного колеса: для вантажних $k_{\text{в}} = 800 \dots 1500 \text{ Н} \cdot \text{град}^{-1}$

Граничні значення бічних сил на передніх колесах – $F\sigma_1$ та задньої – $F\sigma_2$ (Н) осі, при яких колеса котяться ще без бокового ковзання, визначаються з виразів:

$$\begin{aligned} F\sigma_1 &= 0,4\varphi \cdot G_1; \\ F\sigma_2 &= 0,4\varphi \cdot G_2; \end{aligned} \quad (7.9)$$

де φ – Коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою, що приймається в розрахунках рівним 0,6;

G_1, G_2 – сили тяжкості від повної маси ПА, що припадають, відповідно, на передню, задню вісь автомобіля Н.

$$PE = 5,2 / (\text{tg} 40 + \text{tg} 0,6) = 9,9 \text{ м.}$$

Шляхом порівняння граничного радіусу повороту при еластичних шинах з радіусом повороту при твердих шинах визначають повертаність ПА:

$$R = L / \operatorname{tg} \theta. \quad (7.10)$$
$$R = 5,2 / 0,55 = 9,4 \text{ м.}$$

В даному випадку $PE = 9,9 > R = 9,4$, тому можна констатувати, що АРА має повертаність, близьку до нейтральної. Це відповідає заводським характеристикам автомобілів КамАЗ та забезпечує прийнятну характеристику з погляду безпеки.

8 РОЗРОБКА ПРИСТРОЇ ФІКСАЦІЇ ЗМІННОГО МОДУЛЯ

8.1 Розробка принципової схеми фіксатора

Аналіз існуючих схем фіксації та кріплень змінних кузовів та модулів показав, що найбільшого поширення набули роликові конструкції. Однак досвід німецьких колег з експлуатації подібних конструкцій виявив у останніх низку недоліків. Основним із них є висока вартість.

Нами у проекті пропонується максимально проста та надійна схема, показана на рисунку 8.1. Розроблена схема фіксації дозволяє в напівавтоматичному режимі, за допомогою штока, що гідравлічно переміщується, легко і надійно закріпити модуль на платформі.

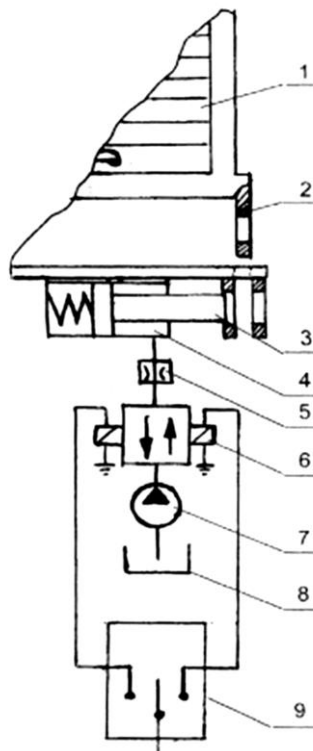


Рисунок 8.1 – Принципова схема фіксатора:

1 – модуль; 2 – вухо; 3 – фіксуєчий палець-шток; 4 – гідроциліндр; 5 – дросель;
6 – електрогідрокран; 7 – насос; 8 – бак; 9 – перемикач

8.2 Розрахунок штока фіксатора

Розрахунок утримуючих модуль штоків або пальців за напрямками зрізу можна провести за нижче наведеною методикою.

Вихідні дані:

- максимальне навантаження (МАРА модуля) – 2000 кг,
- тобто. максимально можливе зусилля становитиме $F = 19600 \text{ Н}$;
- кількість опорних пальців $n = 1$;
- межа міцності на зріз для СТ 3 $[\tau] = 21 \cdot 9,8 \text{ Н} \cdot \text{мм}^{-2}$;
- i – число площин зрізу $i = 2$.

Умови міцності за напрямками зрізу

$$\sigma_{\max} = (F / (n(\pi/4) \cdot d_2 \cdot i)) \leq [\tau], \quad (8.1)$$

тоді діаметр пальця можна визначити як:

$$d = (F / ([\tau] \cdot n(\pi/4) \cdot i))^{1/2} = 16,4 \text{ мм}. \quad (8.2)$$

З урахуванням динамічних навантажень, а це можна визначити через коефіцієнт, для нашого випадку коефіцієнт перебуватиме в межах 1,6...1,8, діаметр штока фіксатора одного запірного-утримуючого пристрою не повинен бути менше 29,52 мм, що дозволить рекомендувати діаметр – 30 мм.

9 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ «МОДУЛЬНОГО» ПІНОБАКА

Автомобільні установки водопінного гасіння забезпечують зберігання, змішування, подачу вогнегасних речовин та визначають тактико–технічні можливості пожежної машини.

Як правило, вони включають цистерну (для води, бак для піноутворювача, пожежний насос, вакуум-кран, стаціонарний пінозмішувач, з'єднані між собою системою трубопроводів, обладнаних засувками, вентилями, кранами, клапанами, контрольно-вимірювальними приладами).

Для керування установками водопінного гасіння використовується як ручний механічний привід, так і дистанційні системи керування з пневматичним, гідравлічним та електромеханічним приводом. Контроль за роботою систем здійснюється за допомогою манометрів, мановакуумметрів, тахометрів.

Принципові схеми установок водопінного гасіння основних пожежних автомобілів є однотипними і відрізняються одна від одної лише наявністю стаціонарних лафетних стволів, числом ємностей для вогнегасних речовин, конструктивними особливостями запірної арматури.

У водопінних установках пожежогасіння, як і в інших аналогічних установках, для зберігання вогнегасних речовин застосовуються цистерни, баки, балони та інші ємності. Залежно від виду та способу подачі вогнегасних речовин ці ємності діляться на ємності вільного заповнення та ємності, що працюють під надлишковим тиском.

Обсяг ємностей, що встановлюються на пожежних автомобілях, залежить від призначення останніх, властивостей вогнегасних речовин, що вивозяться, інтенсивності їх подачі в зону горіння, вантажопідйомності використовуваного шасі та багатьох інших факторів, які необхідно враховувати при створенні нових і модернізації існуючих пожежних машин.

У нашому випадку стоїть завдання оцінити можливості додаткового пінобака, що автономно вивозиться. Дуже часто, при ліквідації великих аварій та гасінні пожеж, запасу піноутворювача, що вивозиться цистернами, недостатньо. Тому пропонується обладнати аварійно–рятувальний автомобіль змінною ємністю для піноутворювача, що дозволить використовувати цю машину разом із цистернами, автонасосами та іншими зовнішніми пристроями подачі води.

На проєктованому автомобілі АРА можливе встановлення модуля з ємністю до 2000 л. Спробуємо оцінити площу гасіння пожежі за допомогою такої кількості піноутворювача.

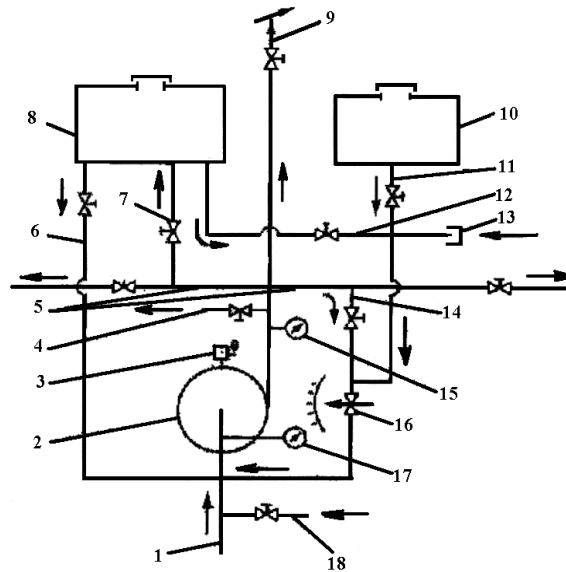


Рисунок 9.1 – Автомобільна установка водопінного гасіння:

1 – всмоктуючий патрубок; 2 – пожежний насос; 3 – вакуум-кран; 4 – трубопровід подачі холодної води в змійовик теплообмінника; 5 – напірні патрубки; 6 – труба провід подачі вогнегасної рідини з цистерни; 7 – трубопровід подачі води до цистерни; 8 – цистерна; 9 – лафетний стовбур; 10 – пінобак; 11 – трубопровід подачі піноутворювача з пінобака; 12 – трубопровід подачі піноутворювача з цистерни; 13 – штуцер; 14 – напірний патрубок пінозмішувача; 15 – мановакуумметр напірної порожнини. насос; 16 – пінозмішувач; 17 – мановакуумметр всмоктувальної порожнини насоса; 18 – трубопровід для повернення води в насос із змійовика теплообмінника.

У практичних розрахунках відома методика визначення обсягу ємності для основної вогнегасної речовини, що вивозиться – V_o визначається за формулою. У конкретній задачі з урахуванням того, що при гасінні пожеж подача води здійснюватиметься від зовнішнього джерела (автоцистерни, мотопомпи, автонасоса тощо) обсяг необхідної основної вогнегасної речовини (води) визначиться як:

$$V_o = 60k \cdot \text{ФП} \cdot J \cdot \tau_p, \quad (9.1)$$

де k – Коефіцієнт запасу, приймається $k = 1,1; 1,2$;

ФП – середньостатистична площа пожежі, м^2 ;

J – інтенсивність подачі вогнегасної речовини, $0,1 \text{ л} \cdot (\text{с} \cdot \text{м}^2)^{-1}$;

τ_P – розрахунковий час гасіння, 4,5 хв.

Мінімальний обсяг додаткової ємності – V_d для зберігання хімічної речовини (піноутворювача, змочувача тощо), що додається у воду з метою підвищення її вогнегасної здатності, визначається за формулою:

$$V_d = V_B \cdot c / 100, \quad (9.2)$$

де V_B – місткість цистерни, заповненої водою, л;

c – процентний вміст хімічної речовини, що додається у воду, %.

Підставивши всі вихідні значення у наведені вище формули, визначимо, що для 2000 л піноутворювача потрібно 33000 л води, а отриманим розчином можна буде згасити 1000 м² площі пожежі.

Товщину стінки – 8 ємності для вогнегасної речовини визначимо за формулою:

$$s = P \cdot D_{\text{вн}} / (200 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P) + c. \quad (9.3)$$

де P – тиск усередині ємності, Па;

$D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр резервуара, см;

φ – Коефіцієнт міцності оболонки ємності, рівний 0,7;

z – збільшення до розрахункової товщини стінки, що дорівнює 1 мм;

$[\sigma]$ – допустима напруга, Па.

$$s = 2,1 + 1 = 3,1 \approx 3,5$$

Для металевих конструкцій приймаємо товщину стінки 3,5 мм. У разі встановлення баків із полімерних матеріалів необхідно використовувати жорсткий каркас та зовнішній захист.

10 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Економічну оцінку проектного аварійно-рятувального автомобіля проведемо за «Інструкцією з визначення економічної ефективності нової пожежної техніки, пожежно-профілактичних заходів у галузі пожежного захисту» розробленої ДСНС України на основі обов'язкового для всіх відомств документа - «Методика визначення економічної ефективності використання нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій».

За вищевказаною інструкцією економічну ефективність нового пожежного автомобіля визначаємо зі зіставлення наведених витрат виробництва базової (прототипу) та проектнової спеціальної пожежної машини.

У загальному випадку розрахунок грошових витрат провадимо за формулою:

$$З = З + E_n \cdot K, \quad (10.1)$$

де $З$ – наведені витрати на одиницю продукції, грн;

$З$ – собівартість одиниці виробленої продукції, грн;

K – питомі капітальні вкладення у виробничі фонди, грн;

E_n – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень.

Таким чином, наведені витрати становлять суму собівартості та нормативного прибутку.

При оцінці економічної ефективності впровадження нової пожежної техніки необхідно привести до порівняного вигляду якісні показники базової та нової машини.

Для цього знаходимо коефіцієнт еквівалентності, який за кожним видом пожежної техніки визначається як середньозважений арифметичний показник, де кожна складова якості зважується за коефіцієнтом значущості, визначеним експертним методом.

Таким чином, річний економічний ефект від впровадження нового аварійно-рятувального автомобіля – АРА визначаємо за такою формулою:

$$E = \{Z_1 \cdot K_s \cdot (P_1 + E_n) / (P_2 + E_n) + [(I_1 \cdot K_e - I_2) - E_n(K_2 - K_1)] / (P_2 + E_n) - Z_2\} A_2, \quad (10.2)$$

де Z_1, Z_2 – наведені витрати одиниці, відповідно, базової та нової моделі

автомобіля, грн;

K_e – коефіцієнт еквівалентності;

$(P_1+E_H)/(P_2+E_H)$ – коефіцієнт обліку зміни терміну служби нової техніки порівняно з базовою;

P_1, P_2 – частки відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базової та нової техніки;

I_1, I_2 – річні експлуатаційні витрати споживача при використанні порівнюваних варіантів, грн;

K_1, K_2 – супутні капітальні вкладення споживача по порівняним варіантам, грн;

A_2 – річний обсяг впровадження, од.

На підставі вищенаведеної методики наведемо розрахунок економічної ефективності від створення та використання під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт спроектованого пожежного автомобіля АРА-20М на шасі Урал 6370 з економічним дизельним двигуном ЯМЗ-238. Як базовий варіант приймаємо аварійно-рятувального автомобіля АРА-20 на такому ж шасі, але з менш економічним дизельним двигуном КамАЗ-740.

Техніко-економічні показники порівнюваних моделей пожежних аварійно-рятувальних машин представлені у таблиці 10.

Таблиця 10 – Техніко-економічні показники порівнюваних моделей аварійно-рятувальних пожежних автомобілів

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення показника	
		Базовий варіант	Новий варіант
Шасі	–	КамАЗ	Урал
Оптова ціна техніки	грн	43114	6370
Собівартість виготовлення техніки	грн	380000	390000
Ємність порошкового модуля	кг	355000	365000
Ємність пінного модуля	л	–	1260
Ємність газового модуля	л	–	2000
Повна мАРА автомобіля	кг	–	300
Потужність двигуна	кВт	15100	15300
Подача вогнегасних речовин	л·с ⁻¹	191	176
Швидкість автомобіля	км·год ⁻¹	–	40
Термін служби техніки	рік	8510	100 10
Наведені витрати	грн	379000	382000
Експлуатаційні витрати споживача	грн	45408	45505
Обсяг випуску	од.	–	100

Примітка: Одночасно машина може вивозити 2 змінні модулі гасіння. Для подачі піни від пінного модуля використовується вода, що подається насосом іншої пожежної машини або сухотрубом.

З таблиці 10 видно, що нова пожежна машина АРА при порівнянні з прототипом повній масі і більш економічному дизельному двигуні розвиває велику швидкість руху і вивозить різні модулі гасіння, що значно розширюють область використання машини і роблять її більш універсальною.

При визначенні економічної ефективності необхідно враховувати якісні показники разом із економічними. У цьому випадку збільшення витрат, пов'язаних із впровадженням нової пожежної машини АРА, обґрунтовано підвищенням її якості та оснащенням різними за призначенням змінними модулями.

Показники якості відображає коефіцієнт еквівалентності, який згідно з інструкцією ВНДПО можна визначити за такою формулою:

$$K_e = (N_e^2 \cdot GA_1 / N_e \cdot GA_2) \cdot \alpha_1 + (Q_2 / Q_1) \cdot \alpha_2 + (\Pi_{02} / \Pi_{01} + \text{HH}_2 / \text{HH}_1) \cdot \alpha_3 + (V_2 / V_1) \cdot \alpha_4, \quad (10.4)$$

де N_{e1}, N_{e2} – ефективна максимальна потужність двигуна, кВт (к.с);

GA_1, GA_2 – повна мАРА, кг;

Q_1, Q_2 – загальний обсяг вогнегасних засобів, що вивозяться, л;

Π_{01}, Π_{02} – максимальна подача вогнегасних засобів, л·с⁻¹;

V_1, V_2 – максимальна швидкість руху, км год⁻¹;

HH_1, HH_2 – ступінчастість насоса;

$\alpha_1 \dots \alpha_4$ – коефіцієнт значущості показників якості.

Тут індекс 1 належить параметрам базового АРА, а індекс 2 – нового спроектованого аварійно-рятувального автомобіля.

За формулою (10.3) розраховуємо коефіцієнт еквівалентності без урахування устаткування, що вивозиться в змінних модулях, і вогнегасних речовин:

$$K_e = 176 \cdot 15100 / 191 \cdot 15300 \cdot 0,24 + (60/60) \cdot 0,29 + (25/25) \cdot 0,13 + (1/1) \cdot 0,13 + (100/85) \cdot 0,21 = 1,02$$

Підставляємо отриманий коефіцієнт еквівалентності у формулу (10.2) та отримуємо річний економічний ефект від створення та використання нового пожежного аварійно-рятувального автомобіля АРА–20М:

$$E = [379000 \cdot 1,02 \cdot 1,0 + (45408 \cdot 1,02 - 45505) / (0,0627 + 0,15) - 382000] \cdot 100 = (386580 + 3813,63 - 382000) \cdot 100 = 839363 \text{ грн}$$

ВИСНОВОК

Таким чином, відповідно до виданого завдання спроектовано пожежний аварійно-рятувальний автомобіль, який відповідає сучасним вимогам та враховує основні тенденції розвитку пожежного машинобудування. В основу концепції спроектованої машини закладено економічність, мінімальні витрати на проектування, виготовлення та експлуатацію.

Як прототип обраний автомобіль АРА-20 на шасі УРАЛ-6370, що за своїми технічними параметрами відповідає вимогам, що пред'являються до сучасних аварійно-рятувальних автомобілів. Вказане шасі має достатній запас вантажопідйомності і легко може бути пристосовано для експлуатації спільно зі змінними модулями.

Вибраний тип дизельного двигуна марки ЯМЗ-238 дозволяє на 15% знизити шляховий витрата палива на кожні 100 км і забезпечити при цьому більш високу експлуатаційну швидкість машини, що досягає п'ятої передачі $100 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.

Проведений проект розрахунок показав, що у передню керовану вісь автомобіля припадає 26 % від повного навантаження, але в задній візок – 74 %, що з колісної бази рівної 3340 мм до осі середнього моста забезпечує хорошу керованість і достатнє зчеплення провідних коліс з дорогою.

Отримані за результатами розрахунків координати центру тяжіння, зокрема, його висота дорівнює 1,29 м, свідчать про хорошу поперечну стійкість спроектованого автомобіля, особливо на поворотах та дорогах із поперечним ухилом (косогами).

Зберігаючи основні тактико-технічні показники прототипу, спроектований АРА має у значною мірою розширений спектр виконуваних робіт, отже, підвищену ефективність використання. Наявність змінних модулів, здатних гасити локальні загоряння, дозволяє по-новому поглянути на тактику використання машин важкого класу. У деяких випадках це дозволить відмовитися від залучення автоцистерн, автомобілів газового або порошкового гасіння.

За рахунок застосування змінних модулів універсальність використання спроектованого автомобіля зростає. Такою машиною можна одночасно здійснювати гасіння та проводити аварійно-рятувальні та відновлювальні роботи.

Спроектований автомобіль досягає заданої максимальної швидкості $27,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1} \approx 100 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ на низхідній ділянці кривої потужності. Однак розгін при падінні потужності призводить до перевитрати палива. Тому швидкість руху

машини, що рекомендується, з умов економічності та безпеки повинна знаходитися в межах $85... 90 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.

Проведені розрахунки показують, що спроектований автомобіль, завдяки правильному компонування та розподілу навантаження по осях, має хороші показники гальмівних властивостей, стійкості та керованості, що задовольняють міжнародним нормам безпеки.

З економічної точки зору ефект від впровадження спроектованого аварійно-рятувального автомобіля може становити 839 363 грн на рік. При задіянні при гасінні пожеж змінних модулів, що вивозяться, економічний ефект від експлуатації машини буде значно вищим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аветисян В.Г., Організація аварійно-рятувальних робіт при дорожньо-транспортних пригодах: Практичний посібник / В.Г. Аветисян, Ю.О.Куліш. – Харків, 2004. – 44 с.
2. Довідник пожежного-рятувальника. – Харків, НУЦЗУ, 2017 – 114 с.
3. ДСТУ 3810-98 Пожежна техніка. Рукава пожежні напірна. Загальні технічні умови. Інструкції базових шасі та матеріали, які використовуються при виготовленні пожежної та аварійно-рятувальної техніки : навч. посібник / О.М. Ларін, М.І. Мисюра, Б.І. Кривошей, О.В. Воробйов. – Х.: УЦЗУ, 2007. – 937 с.
4. ДСТУ 3931-99 Техніка пожежна. Рукава пожежні всмоктувальні та напірно-всмоктувальні. Загальні технічні вимоги й методи випробування.
5. Експлуатація пожежної та аварійно-рятувальної техніки : навч. посіб. / О.М. Ларін, О.М. Семків, М.І. Мисюра, Б.І. Кривошей . – Х. : НУЦЗУ, КП «Міськдрук», 2012. – 312 с.
6. Інженерна техніка та спеціальні машини для ліквідації надзвичайних ситуацій : Навч. посіб. / О.М. Ларін, І.М. Грицина, Н.І. Грицина та ін. – Х. : НУЦЗУ, 2012 . – 380 с.
7. Ларін О. М. Основи технічної діагностики автомобілів : практикум / Ларін О. М., Васильєв С. В., Виноградов С.А. та ін. – Слов'янськ : вид-во Б.І. Маторіна, 2013. – 275 с.
8. Ларін О. М. Пожежні машини: навч. посіб. / Ларін О.М., Баркалов В.Г., Виноградов С.А. та ін. – Х.: НУЦЗУ, К.: МПБП «Гордон», 2016. – 279 с.
9. майбутнє) / О.М. Ларін, І.М. Грицина, С.В. Васильєв, Кривошей Б.І. ; Під заг. ред. О.М. Ларіна . – Х. : АГЗУ, 2005 . – 160 с.
10. Методичні рекомендації до експлуатації пожежних автоцистерн / Укладачі: Радченко С.О., Кривошей Б.І., Грицина І.М., Соколов Д.Л., Мишкін О.Б. – Харків: Академія пожежної безпеки МВС України, 2001. – 51 с.
11. Наказ ДСНС України № 107 від 01.04.2013 року «Про затвердження Методичних рекомендацій з експлуатації та ремонту пожежних рукавів».
12. Наказ ДСНС України №432 від 27.06.2013 року «Настанова з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.mns.gov.ua/files/2013/7/3/432_nast.pdf
13. Наказ ДСНС України від 27.06.2013 року № 432 «Про затвердження Настанови з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС

України».

14. Наказ МВС України № 1242 від 28.12.2005 р. «Про затвердження картки обліку дорожньо-транспортних пригод та Інструкції щодо її заповнення».

15. Наказ МНС України № 575 від 13.03.2012 р. «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту».

16. Павлюк О. Будова і експлуатація автомобіля : посібник [Електронний ресурс] / Павлюк О. – 2013. – 124 с. – Режим доступу : http://chtyvo.org.ua/authors/Pavliuk_O/Budova_i_ekspluatatsiia_avtomobilia/

17. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка : (Історія, сьогодення,

18. Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка : Курс лекцій / Уклад. С.А. Виноградов, А.Я. Калиновський, Б.І. Кривошей, Р.І. Коваленко . – Х. : НУЦЗУ, 2019. – 283 с.

19. Ренкас А.Г., Гідравлічне аварійно-рятувальне обладнання: Навчальний посібник / А.Г. Ренкас, М.І. Сичевський, О.В. Придатко. – Львів: ЛДУБЖД, 2008. – 180 с.