


Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту



**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему «Вдосконалення технічної експлуатації газобалонних автомобілів  
транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор  
газорозподільної системи «Вінницягаз» шляхом забезпечення можливості  
зливання газу»

Виконав: студент 2 курсу,  
групи 1АТ-19м спеціальності 274 –  
Автомобільний транспорт  
**Огороднік Я.Ю.**

Керівник: канд. екон. наук, доцент  
Огневий В.О.

Рецензент: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Вінниця – 2020 року

Вінницький національний технічний університет  
 Факультет машинобудування та транспорту  
 Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Освітній ступінь – «Магістр»  
 Спеціальність 274 – «Автомобільний транспорт»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**завідувач кафедри АТМ**  
**д.т.н., професор Біліченко В.В.**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Огородніку Ярославу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення технічної експлуатації газобалонних автомобілів транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз» шляхом забезпечення можливості зливання газу, керівник роботи Огневий Віталій Олександрович, к.е.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року № 214.

2. Строк подання студентом роботи: 26.11.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі які працюють на скрапленому газі; об'єкт дослідження – процеси, що відбуваються при зливанні ЗВГ з автомобільного газового балона з мультиклапаном; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

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

1 Аналіз практики технічної експлуатації газобалонних автомобілів на сучасному етапі

2 Теоретичні дослідження процесів технічної експлуатації газобалонних автомобілів

3 Експериментальні дослідження з визначення параметрів технологічного процесу зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5 Визначення економічного ефекту при забезпеченні стану безпеки зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільних газових балонів

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

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

4 Диманіка зміни споживання зріджених вуглецевих газів в Україні в якості газомоторного палива за період 2013-2019 р.

5 Фрагменти аварійних ситуацій, які виникають в результаті відмови ЗПА автомобільного газового балона.

- 6 Блок-схема проведення технологічних процесів технічної експлуатації ГБА.
- 7 Принципова технологічна схема поста зливання ЗВГ на АГЗС.
- 8 Принципова технологічна схема поста зливання ЗВГ, розміщеного на АТП.
- 9 Алгоритм визначення часу зливання рідкої фази ЗВГ із автомобільного газового балона при заданих конструктивних параметрах магістралі зливання ЗВГ і заданих параметрах стану ЗВГ.
- 10 Принципова схема експериментальної установки.
- 11 Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання, отримана експериментальним і теоретичним методом.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ		
Економічна частина	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 28 » вересня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	29.09-04.10.2020	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	29.09-04.10.2020	
3	Обґрунтування методів досліджень	05.10-07.10.2020	
4	Розв'язання поставлених задач	08.10-21.11.2020	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	16.11-21.11.2020	
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	02.11-21.11.2020	
7	Виконання розділу «Економічна частина»	02.11-21.11.2020	
8	Нормоконтроль МКР	23.11-26.11.2020	
9	Попередній захист МКР	27.11-01.12.2020	
10	Рецензування МКР	03.12-08.12.2020	
11	Захист МКР	09.12-17.12.2020	

Студент \_\_\_\_\_ **Огороднік Я.Ю.**  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ **Огневий В.О.**  
(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРАКТИКИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОБАЛОННИХ АВТОМОБІЛІВ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ.....	11
1.1 Фізико-хімічні властивості зрідженого вуглеводневого газу як моторного палива і перспективи його використання на автомобільному транспорті.....	11
1.2 Тенденції розвитку газобалонних автомобілів.....	16
1.3 Проблеми технічної експлуатації газобалонних автомобілів.....	20
1.4 Аналіз діяльності транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз».....	23
1.5 Аналіз стану ВТБ транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз».....	28
1.6 Висновки до розділу 1.....	34
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОБАЛОННИХ АВТОМОБІЛІВ.....	36
2.1 Технологічні процеси технічної експлуатації газобалонних автомобілів.....	36
2.2 Рекомендований варіант модернізованої системи живлення двигуна газобалонного автомобіля, з метою забезпечення зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона.....	42
2.3 Рекомендовані варіанти технологічних схем постів зливання зрідженого вуглеводневого газу на автогазозаправній станції і автотранспортному підприємстві.....	44
2.4 Дослідження параметрів стану скрапленого вуглеводневого газу....	51
2.5 Математична модель технологічного процесу зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона.....	60
2.6 Алгоритм визначення параметрів технологічного процесу зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона.....	66

2.6.1	Закономірності впливу параметрів стану газу і конструктивних параметрів зливної магістралі на параметри технологічного процесу зливання.....	72
	Висновки до розділу 2 .....	74
	<b>РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗЛИВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ З АВТОМОБІЛЬНОГО ГАЗОВОГО БАЛОНА.....</b>	<b>76</b>
3.1	Об'єкт експериментальних досліджень.....	77
3.2	Застосовувана вимірювальна апаратура і визначення похибки вимірювань.....	78
3.3	Методика випробувань.....	85
3.4	Результати випробувань.....	86
3.5	Обробка результатів експериментальних випробувань.....	89
3.6	Оцінка збіжності теоретичних результатів з результатами експериментальних досліджень.....	93
3.7	Висновки до розділу 3 .....	95
	<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>96</b>
4.1	Технічні рішення щодо безпеки на робочому місці.....	96
4.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	97
4.3	Пожежна безпека.....	101
4.4	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	102
4.5	Висновки до розділу 4 .....	103
	<b>РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАНУ БЕЗПЕКИ ЗЛИВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ З АВТОМОБІЛЬНИХ ГАЗОВИХ БАЛОНІВ...</b>	<b>104</b>

5.1 Методика визначення економічного ефекту від впровадження комплексу технічних рішень по забезпеченню безпечного зливання зрідженого вуглеводневого газу .....	104
5.2 Визначення економічного збитку навколишньому середовищу від несанкціонованого зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільних газових балонів в атмосферу.....	112
5.3 Висновки до розділу 5.....	114
ВИСНОВКИ .....	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	116



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Зріджені вуглеводневі гази (ЗВГ) широко використовуються як побутове та технологічне паливо, а також застосовуються в якості палива для автомобільного транспорту. Все більша частка автомобілів переобладнується на ЗВГ, так як при інших рівних умовах газ є економічно більш вигідним паливом [3].

У процесі технічного обслуговування газобалонних автомобілів (ГБО) доводиться виконувати ряд специфічних операцій, до яких відноситься злив зрідженого газу з автомобільних газових балонів. Злив зрідженого газу з автомобільних балонів дозволяється проводити тільки на посту зливання ЗВГ для виключення забруднення навколишнього середовища і скупчення вибухонебезпечних газових хмар в низинах і ямах.

Аналізуючи сучасні конструкції газобалонного обладнання (ГБО) спільно з автомобільними газовими балонами з їх запірно-захисною арматурою (ЗПА) було виявлено, що здійснити слив газу з автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном, і змонтованої системи живлення неможливо. Це призводить до порушення технологічного процесу технічної експлуатації ГБА і негативно впливає на екологічну обстановку, а також може стати причиною вибуху і спричинити матеріальні збитки і людські жертви.

Отже, дослідження питань вдосконалення технологічних процесів технічної експлуатації ГБА і конструкції двофазної системи живлення для забезпечення можливості зливання ЗВГ із автомобільного газового балона є гострою і вкрай актуальною проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконувалась у відповідності з напрямками наукових досліджень кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

**Метою роботи** є вдосконалення конструкції системи живлення і технологічних процесів технічної експлуатації ГБА для забезпечення можливості зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів.

**Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні завдання:**

1. Дослідити можливість зливання ЗВГ із систем живлення газобалонних автомобілів, укомплектованих автомобільними газовими балонами, обладнаними різною ЗПА.

2. Розробити комплекс взаємопов'язаних технічних рішень, що включають модернізовану систему живлення і пости зливання для забезпечення можливості зливання ЗВГ із автомобільного газового балона.

3. Розробити математичну модель, що дозволяє визначати взаємозв'язок параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ від параметрів стану ЗВГ і конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ.

4. Встановити закономірності зміни параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ від параметрів стану ЗВГ і конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ, а також підтвердити результати теоретичних досліджень шляхом проведення експериментів.

5. Визначити економічний ефекту від впровадження комплексу взаємопов'язаних технічних рішень щодо забезпечення зливання ЗВГ.

6. Розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єктом дослідження** є процеси, що відбуваються при зливів ЗВГ з автомобільного газового балона з мультиклапаном.

**Предметом дослідження** є система живлення газобалонного автомобіля, укомплектованого автомобільним газовим балоном з мультиклапаном.

**Методи дослідження** ґрунтуються на теорії технічної експлуатації автомобілів, теорії термодинаміки, гідродинаміки, теорії ймовірності та математичної статистики. Як прийом досліджень використовуються методи прямого експерименту, математичний аналіз, моделювання, кореляційно-регресійний аналіз, методи прогнозування, спостереження, вимірювання та порівняння.



**Наукова новизна:**

- розроблено комплекс взаємопов'язаних технічних рішень щодо забезпечення безпечного зливання ЗВГ із автомобільного газового балона при технічній експлуатації ГБА;
- розроблено математичну модель технологічного процесу зливання ЗВГ з автомобільного газового балона з мультиклапаном;
- встановлена закономірність впливу параметрів стану ЗВГ на параметри технологічного процесу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона з мультиклапаном;
- встановлена закономірність впливу конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ на параметри технологічного процесу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона з мультиклапаном.

**Достовірність результатів підтверджується:**

- достатнім числом спостережень досліджуваних параметрів;
- коректністю застосування апробованого математичного апарату теорії ймовірності та математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу;
- оцінками збіжності розрахункового часу зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона з експериментальними даними.

**Практична цінність і реалізація роботи.**

Результати досліджень можуть бути використані:

- при розробці нормативно-технічної документації з проектування ГБО, переобладнання та експлуатації ГБА;
- при проектуванні постів зливання ЗВГ на АТП і АГЗС;
- при розрахунку економічного ефекту від впровадження постів зливання ЗВГ;
- вищими навчальними закладами у навчальному процесі при підготовці магістрантів і бакалаврів.

**Апробація результатів роботи.** Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів XIII міжнародної науково-практичної конференції

«Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 2020 р., Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир.

**Публікації.** Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці, з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРАКТИКИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОБАЛОННИХ АВТОМОБІЛІВ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

1.1 Фізико-хімічні властивості зрідженого вуглеводневого газу як моторного палива і перспективи його використання на автомобільному транспорті

Зріджений вуглеводневий газ отримують як побічний продукт при деструктивній переробки нафти ( $\approx 30\%$  від виходу бензину), газового конденсату або попутного нафтового газу [16].

До зріджених газів ставляться такі, які переходять з газоподібного стану в рідке при температурі навколишнього середовища і порівняно невеликих надлишкових тисках [19]. Зріджені нафтові пропан-бутанові гази не мають запаху, безбарвні, неотруйні, важчий за повітря, в рідкому вигляді володіють великим коефіцієнтом об'ємного розширення, киплять при низьких температурах, що може викликати місцеве обмороження тіла при попаданні на нього парової або рідкої фази газу. Щоб відчутися наявність газу в повітрі, йому надається специфічний запах [17]. Для цієї мети використовують речовини, які називаються одорантами. Як одоранту широко застосовують етилмеркаптан ( $C_2H_5SH$ ). На 100 л зрідженого газу додають приблизно 2,5 г одоранту. При такій кількості одоранту можна по запаху визначити 0,4-0,5% газу в повітрі. Зазначена концентрація невибухонебезпечна, так як становить всього 20% від нижньої межі займистості. Зріджені гази повинні відповідати таким вимогам:

- мати стабільний компонентний склад в умовах експлуатації;
- забезпечувати надлишковий тиск насичених парів від 0,16 до 1,6 МПа в інтервалі температур від плюс 45 до мінус 20 °С;
- не мати неіспарюючого осаду при випаровуванні і редукування в автомобільній газовій апаратурі. Досвід експлуатації газобалонних автомобілів показав, що найкращі показники газобалонних автомобілів, і перш за все

екологічні, можуть бути отримані тільки при суворій регламентації компонентного складу ЗВГ, використовуваного в якості моторного палива [11] (таблиця 1.1).

Основними компонентами СУГ являються: пропан  $C_3H_8$ , n-бутан  $C_4H_{10}$ , і-бутан  $C_4H_{10}$ , в незначній кількості пропилен  $C_3H_6$ , бутілени  $C_4H_8$ , етан  $C_2H_6$  і етилен  $C_2H_4$ .

Таблиця 1.1 – Компонентний склад ЗВГ по ГОСТ 52087-2003

Масові частки компонентів	ПТ	ПА	ПБА	ПБТ	БТ
Сума метану, етану і етилену	Не нормується				
Сума пропану і пропилену, не менше	75	-	-	Не нормується	
В тому числі пропану	-	85±10	50±10	-	-
Сума бутанів і бутіленів:	Не нормується			-	-
не більше	-	-	-	60	-
не менше	-	-	-	-	60
Сума неграничних вуглеводнів, не більше	-	6	6	-	-

Домішки в ЗВГ масла, важких залишків і одоранту адсорбуються на гумотехнічних виробках ГБО, в глушнику, значно підвищуючи їх місцеву концентрацію, утворюючи дурнопахнущі опади. З цієї та ряду інших причин деякі країни відмовилися від використання одорантів в ЗВГ, що застосовуються в якості моторних палив [38].

Основні компоненти ЗВГ киплять при низьких температурах, тому при нормальній температурі і атмосферному тиску вони можуть перебувати тільки в паровій (газовій) фазі. Для зберігання ЗВГ в рідкому вигляді необхідно підвищувати тиск. Воно залежить від температури навколишнього середовища. Чим вище температура, тим більше має бути тиск для збереження газу в рідкій фазі. Найбільш характерні фізико-хімічні властивості основних компонентів ЗВГ в порівнянні з бензином наведені в таблиці 1.2 [5, 32].

Газове паливо має більш сприятливий, ніж бензин, співвідношення С і Н. Вуглецеве число у сучасних бензинів становить близько 6, а у ЗВГ воно дорівнює

4,9 (у ПГ - 2,98). Більш високий вміст в газовому паливі водню забезпечує і більш повне його згорання в циліндрах двигуна.

Таблиця 1.2 – Основні фізико-хімічні властивості компонентів ЗВГ порівняно з бензином

Властивості компонентів	Пропан	Бутан	Бензин
Густина, г/см <sup>3</sup> :			
–рідкої фази при 15 °С і атмосферному тискові	0,509	0,582	0,720
–густина газової фази відносна (густина повітря рівна 1)	1,56	2,091	3,94(4,0)
Температура кипіння, °С, при атмосферному тискові	-42,1	-0,5	35,0
Об'єм парів при випаровуванні 1л рідини, м <sup>3</sup>	0,209	0,235	0,148
Найнижча теплота згорання, ккал/кг	10972	10845	10500
Кількість газу в суміші, відповідне найнижчій межі займання, в % по об'єму	2,4	1,8	1,5
Кількість газу в суміші, що відповідає верхній межі займання, в % по об'єму	9,5	8,4	6,0

Елементарний склад ЗВГ відносять до числа найбільш важливих оціночних параметрів газу. Він дозволяє судити про якість газомоторного палива.

Властивості сумішей зріджених газів визначаються за параметрами входять до суміш окремих компонентів (вуглеводнів).

Незважаючи на актуальність застосування зрідженого газу, слід зазначити і його недоліки. Перш за все, його пари викликають ядуха при вдиханні, так як вони важче повітря і витісняють кисень повітря [36]. Рідка фаза, потрапляючи на навколишні предмети, в тому числі на незахищену шкіру людини, і інтенсивно випаровуючись, охолоджує їх і може призвести до обмороження [10, 35]. За характером впливу обмороження нагадує опік. При сильному обмороженні утворюються бульбашки, які лопаються, загоєння ран триває тривалий час.

Обмороження значних поверхонь небезпечно для життя. Крім того, він вибухонебезпечний, так як випаровується при низьких температурах. Його пари з повітрям утворюють вибухонебезпечні суміші, мають щільність більшою, ніж щільність повітря, і можуть накопичуватися в низьких і непровітрюваних місцях.

Завдяки ідентичності будови молекул вуглеводнів (пропан-бутан), їх суміші по ряду властивостей підкоряються правилу адитивності, тобто параметри суміші пропорційні параметрам входять в суміш компонентів з урахуванням їх об'ємної концентрації в суміші.

Проблема переходу автотранспорту на альтернативні види моторного палива набуває все більшої актуальності. Сьогодні досить повно освоєно застосування в якості моторного палива зріджених вуглеводневих газів (пропану і пропан-бутанових сумішей), компримованого (КПГ) і зрідженого природного газів (СПГ). На частку автомобільного транспорту припадає близько дев'яти відсотків загальносвітового споживання ЗВГ (18-20 млн. Т) [18].

Світова економічна криза в кінці 2008 р сприяв змінам на Газомоторні ринку в кращу сторону. До початку 2010 року світовий парк автомобілів, що працюють на природному газі, виріс на 14 відсотків, на пропанбутанової суміші - на 9 відсотків [25]

Майже всі світові виробники розробляють моделі автомобілів для використання газомоторного палива. Гамма заводських ГБА виросла в 2009 р до 188 моделей, це більше 110 легкових, вантажні та автобуси. У Європі в продажу 126, моделей споживають газомоторне паливо [30]. І ця тенденція буде зростати, чому допомагає і глобальна криза, так як на перше місце виходить економіка: «Дешевше паливо - дешевше експлуатація». АЗС трансформуються в багатопаливних, отже, загальна кількість заправок газобалонних автомобілів збільшується [14, 15].

За 20 років світове споживання ЗВГ зросла з 150 мільйонів тонн в 1990 році до 240 мільйонів тонн в 2010 році. Основний приріст припав на частку країн Азіатсько-Тихоокеанського регіону - з 16-17 до 30-35% в загальносвітовій структурі споживання. У той же час в країнах, з давно розвиненою

інфраструктурою, у всіх секторах використання ЗВГ (США, Західна Європа, Аргентина) споживання залишається практично стабільним.

Впровадження газу на транспорті в багатьох країнах - США, Канаді, Новій Зеландії, Австралії, Італії та інших - також відбувається за допомогою ефективної кредитної та пільгової податкової політики. Власник автомобіля (або автопідприємство) має право на пільговий цільовий кредит на рік. За цей час він може повністю окупити витрати на установку та експлуатацію газобалонної апаратури, а потім економити на різниці цін бензину та газу. Для автомобілів, де використовується газ, передбачені менші податки. І держава від цього не в накладі - різниця компенсується зниженням витрат на охорону здоров'я і захист навколишнього середовища. У Країні висхідного сонця все таксі заправляються цим екологічним видом пального. Як відомо, весь автопарк британської королеви Єлизавети II переведений на екологічний вид палива - рідкий газ. Таким чином, близько 20 країн змінили податки на продаж газобалонних автомобілів, щоб стимулювати використання більш екологічних автомобілів.

В даний час ринок ЗВГ як газомоторного палива в Україні характеризується стабільним зростанням і збалансованістю попиту і пропозиції.

Обсяг цього сектора роздрібного ринку оцінюється в даний час в 3,2 млн. тон на рік [18, 29].

Число газобалонних автомобілів становить понад 1,4 млн. [29]. За деякими оцінками, щорічно парк газобалонних автомобілів збільшується на 45%.

На рисунку 1.1 представлена динаміка внутрішнього споживання зріджених вуглеводневих газів в якості газомоторного палива за період 2013-2019 рр.

В даний час склалася наступна структура споживачів газомоторного палива: 82% всіх автомобілів, що використовують пропан-бутан, складають легкові автомобілі переважно вітчизняного виробництва і належать приватним автовласникам, а також малотоннажні вантажні автомобілі (типу автомобіля «Газель») [14]; 10% припадає на вантажний автотранспорт. Потрібно відзначити,

що більшість газобалонних автомобілів характеризуються високими середньорічними пробігами до 30 тис. км на рік [21].

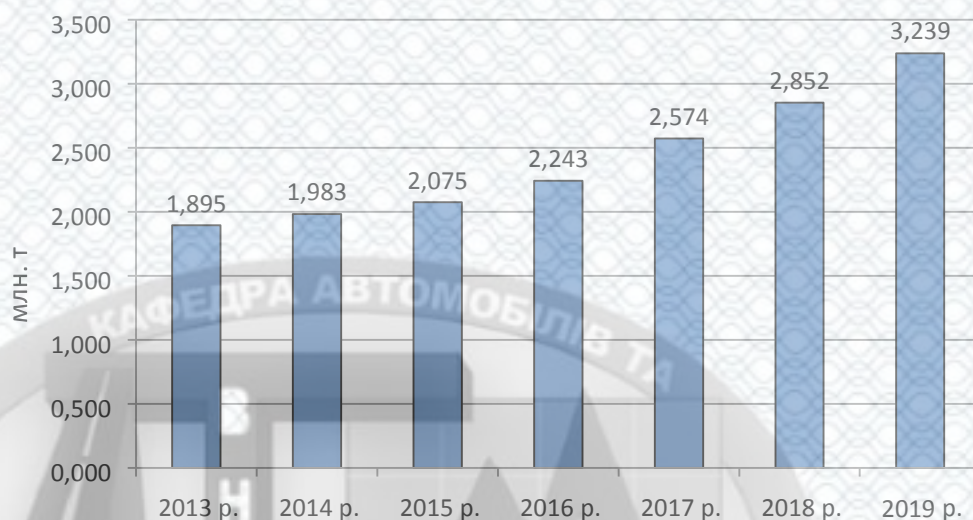


Рисунок 1.1 – Споживання зріджених вуглецевих газів в Україні в якості газомоторного палива за період 2013-2019 рр. [29]

Переобладнання автомобільної техніки на газомоторне паливо веде до скорочення вартості автоперевезень за рахунок різниці в ціні на газомоторне паливо і бензин, що тягне за собою зниження витрат у всіх галузях економіки і соціальной сфері, забезпечує зростання промислового виробництва і життєвого рівня населення [21].

## 1.2 Тенденції розвитку газобалонних автомобілів

З прийняттям законів «Про вимоги до викидів автомобільною технікою шкідливих (забруднюючих) речовин» велика частка автопарку припадає на автомобілі, оснащені інжекторною системою подачі палива і електронною системою управління роботою двигуна (ЕСУД). У зв'язку з цим, системи ГБО по конструктивним рішенням і особливостям роботи групуються по так званим поколінням. Велика частка (88%) припадає на ГБО четвертого покоління, особливістю якого є управління роботою газових дозаторів (форсунок)



спеціальним електронним блоком на основі обробки сигналів штатних бензинових форсунок [11, 12].

Поряд зі зміною принципів подачі газу в двигун, змінювалася і конструкція запірно-запобіжної арматури автомобільних балонів. Газові балони призначені для зберігання необхідного запасу газу на автомобілі. Кількість газових балонів на автомобілі в даний час не обмежений.

Велика частка ГБА з'являється в результаті дообладнання серійних автомобілів з бензиною системою живлення різними комплектами ГБО, зібраними на базі сертифікованого для конкретної категорії транспортних засобів підкапотного комплексу, як правило, брендового виробника (Lovato, BRC, OMVL, Valtec, ELPIGAS, НЗГА, САГА і т. д.).

Підкапотний комплект в цьому випадку доповнюється газовим балоном, як правило, вітчизняного виробництва і недорогий, але добре зарекомендувала себе запірно-захисна арматура (Lovato, Atiker, BRC). Конструкція мультиклапана розроблена в Італії і виготовляється в різних країнах.

Автомобільні балони для ЗВГ розраховані на робочий тиск 1,6 МПа (16 кгс / см<sup>2</sup>). Балони при виготовленні і в процесі періодичних випробувань під час експлуатації підлягають випробуванню на міцність тиском 2,5 МПа (25 кгс / см<sup>2</sup>) і випробуванню на герметичність робочим тиском.




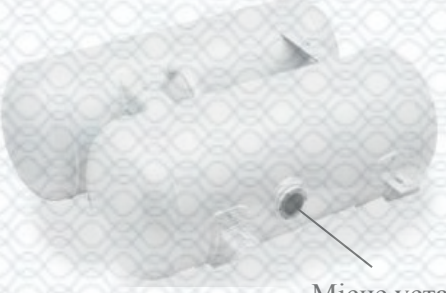
В даний час найбільшого поширення набули автомобільні газові балони для ЗВГ звареної конструкції, виготовлені з низьковуглецевої сталі з товщиною стінки від 3 мм і більше, в залежності від обсягу балона.

Автомобільні балони циліндричної форми з напівеліптичними днищами випускаються об'ємом від 40 до 230 л, а тороїдальної форми, що встановлюються в нішу багажного відсіку замість запасного колеса, - від 40 до 95 л.

Автомобільні балони для ЗВГ можуть мати різне виконання по виду і способу установки на них контрольної-запобіжної, наповнюючої і видаткової арматур.

Балони випуску до 90-х років були обладнані запірною-захисною арматурою, що складається з окремих вентилів різного призначення, розташованих або на обичайці балона, або на його днищі (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Принципові типи балонів

Тип балона	Зовнішній вигляд
<p>1</p> <p>Балон з окремими вентилями різного призначення, розміщеними на обичайці</p>	<p>2</p>  <p>Швидкісний клапан</p>
<p>Балон з окремими вентилями різного призначення, розміщеними на днищі</p>	 <p>Швидкісний клапан</p>
<p>Балон циліндричної форми з фланцем під мультиклапан</p>	 <p>Місце установки мультиклапана</p>
<p>Блок балонів з фланцем під мультиклапан</p>	 <p>Місце установки мультиклапана</p>

## Продовження таблиці 1.3

1	2
Балон тороїдальної форми з внутрішнім розміщенням фланця під мультиклапан	

У балонах з окремими вентилями різного призначення швидкісні клапани встановлювалися в вентилях парової і рідкої фаз видаткової лінії. При заправці таких балонів для контролю наповнення здійснювався скид газу через вентиль максимального наповнення в атмосферу, а це призводило до забруднення навколишнього середовища. В результаті виникла необхідність зміни технології заправки балонів, що призвело до вдосконалення їх ЗПА. Сучасна арматура являє собою мультиклапан, який включає в себе наповнення і видатковий вентилі, показчик рівня газу, запобіжний клапан і пристрій автоматичного обмеження наповнення балона. У мультиклапані встановлені швидкісний клапан у видатковій лінії замість окремих вентилів, а також виносний заправний пристрій зі зворотним клапаном замість заправного вентиля на балоні.

Зворотний клапан призначений для виключення виходу газу з наповнювальної лінії газового балона при випадковому від'єднанні (або обриві) заправного шланга при відкритому наповнювальному вентилі балона. Зворотний клапан являє собою підпружинений запірний елемент, здатний без опору пропускати газ в напрямку від заправного пристрою в заправляємий балон і обмежувати до повного замикання проходження газу з балона назад. У конструкції балона з окремими вентилями зворотний клапан був відсутній, що могло призвести до небажаних наслідків при обриві заправного шланга.

Швидкісний клапан видаткової магістралі призначений для обмеження виходу газу в видаткову магістраль при різкому зростанні швидкості проходу по магістралі газу. Зростання швидкості проходження газу можливо при обриві магістралі або при від'єднанні трубопроводу.

На створення мультиклапана вплинули екологічні та економічні причини. Екологічні - виняток забруднення навколишнього середовища при заправці газового балона, зменшення кількості отворів в балоні під вентиля для підвищення герметичності балона і мінімізації витоків газу. Економічні - зменшення витрати металу при виготовленні ЗПА.

### 1.3 Проблеми технічної експлуатації газобалонних автомобілів

На практиці в даний час відбуваються грубі порушення в технологічному процесі технічної експлуатації ГБА, які негативно впливають на екологічну обстановку, завдають шкоди здоров'ю людей, а також можуть бути причиною вибуху і спричинити матеріальні збитки і людські жертви, так як важкий вуглеводневий газ, погано розсіюється в повітрі, може легко утворити вибухову газоповітряну суміш.

Невиконання вимог нормативних документів, а отже, порушення технологічного процесу технічної експлуатації ГБА, полягає в стравлюванні ЗВГ в навколишнє середовище при необхідності спорожнити газовий балон з несправною запірною-захисною арматурою. Такі випадки в процесі експлуатації ГБА нерідкі, представлені на рисунках 1.2 і 1.3 і характерні не тільки для України, але і для країн Європи.

Згідно нормативної документації, дана операція повинна проводитися на спеціалізованих постах зливання газу [24].

Причиною цього є модернізація конструкції ЗПА автомобільних газових балонів, пов'язана зі зміною технології заправки для виключення забруднення навколишнього середовища.



Рисунок 1.2 – Фрагмент аварійної ситуації, що виникла в результаті відмови ЗПА автомобільного газового балона



Рисунок 1.3 – Фрагмент вимушеного спустошення автомобільного газового балона в атмосферу через відсутність поста зливання ЗВГ

З огляду нормативних документів і приведених в них технологічних схем зливання газу впливає, що вони призначені тільки для балонів, обладнаних ЗПА, що складається з окремих вентилів різного призначення. Для балонів з мультиклапаном представлені технологічні схеми зливання газу не можуть бути виконані з таких причин:

1) не представляється можливим до мультиклапана під'єднати зливний шланг;

2) наявність у видатковій магістралі мультиклапана швидкісного клапана не дозволяє зливати газ, оскільки швидкість витікання газу при зливі значно перевищує швидкість газу при нормальній роботі двигуна, на яку розрахований швидкісний клапан.

Таким чином, ЗПА автомобільних газових балонів у вигляді мультиклапана втратила можливість зливати газ, і в жодному нормативному документі не сказано, яким чином здійснювати злив газу із таких балонів.

Ця недоробка виникла в результаті відсутності в нашій країні в постперестроєвний період і до теперішнього часу контролю за виконанням вимог нормативних документів. Отже, упущення в нормативному документі порушило функціонування системи використання ЗВГ в якості автомобільного палива, що тягне за собою серйозні екологічні та економічні проблеми.

Для правильного функціонування системи використання ЗВГ в якості моторного палива повинна бути доопрацьована нормативна документація [22]. А для виконання вимог нормативних документів по зливання ЗВГ з автомобільного балона з мультиклапаном необхідна модернізація як системи живлення двигуна, так і постів зливання газу з автомобільних балонів.

Проблемам і питанням використання ЗВГ в якості моторного палива присвятили свої роботи такі відомі вчені, як Самоль Г.І., Гольдблат І.І., Єрохов В.І., Лукша В.Н., Морев В.І., Панов Ю. В., Певнев Н.Г., Рачевський Б.С., Горшков С.А., Патрахальцев М.М., Пронін Е.Н., Кім А.А., Бондаренко Є.В. Основоположники технічної експлуатації ГБА, Генкін К.І., Коллеров Л.К., Самоль Г.І., Гольдблат І.І., в своїх роботах довели можливість застосування газу в якості палива на автомобільному транспорті, привели основні експлуатаційні показники ГБА і розробили конструкції газових двигунів і автомобілів [10, 35].

В даний час вченим Патрахальцевим М.М. ведуться дослідження, спрямовані на розробку робочих процесів газодизельних двигунів з внутрішнім сумішоутворенням, що використовують ЗВГ. Роботи Єрохова В.І., Панова Ю.В.

присвячені переобладнання, улаштування та безпечної експлуатації сучасних ГБА [11, 12].

Відомості про фізико-хімічні і теплотехнічні властивості ЗВГ, а також про їх транспортуванні, зберіганні і використанні описані в працях Стаськевич Н.Л., Вигдорчик Д.Я., Варгафтік Н.Б. і Рачевський Б.С [5, 32, 36].

Сучасними проблемами і питаннями застосування ЗВГ і природного газу на автомобільному транспорті, а також розширенням мережі автомобільних газових наповнювальних компресорних станцій (АГНКС) займаються члени некомерційного партнерства «Національна Газомоторна асоціація» - Пронін Е.Н., Кім А.А., Ожегов Д.Л. [14, 15, 29, 30].

Великий внесок у вивчення питань технічної експлуатації, діагностики ГБА, а також зниження експлуатаційних витрат і шкідливих викидів внесли праці представників наукових шкіл НАМІ, МАДІ, і ін. [3, 27, 38].

Таким чином, питання, що стосуються вдосконалення технічної експлуатації газобалонних автомобілів, на сьогоднішній день актуальні і вимагають вирішення корінного питання - організації безпечної технічної експлуатації ГБА.

#### 1.4 Аналіз діяльності транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз»

Виробничо-експлуатаційна контора газового господарства "Вінницягаз" була створена 22.10.1955 р., як державне підприємство. В жовтні 1975 року контора перетворюється в управління газового господарства "Вінницяоблгаз". Відкрите акціонерне товариство по газопостачанню та газифікації "Вінницягаз" засноване відповідно до Указу Президента України "Про корпоратизацію державних підприємств" від 15.06.1993 року №210/93 на підставі наказу №103 Державного комітету України по нафті і газу "Держкомнафтогаз" від 11.03.94 р. шляхом перетворення державного підприємства по газопостачанню та газифікації "Вінницягаз" у відкрите акціонерне товариство .

В 1998 р. "Вінницягаз" включений в склад Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України" (до цього підприємство входило в склад Державної холдингової компанії "Укргаз"). В 2010 р. відкрите акціонерне товариство «Вінницягаз» отримало статус публічного.

З 17 травня 2019 року змінений тип і найменування ПАТ «Вінницягаз» на акціонерне товариство «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз».

Основні напрямки діяльності підприємства:

- забезпечення безперервного і безпечного газопостачання та транспортування всім категоріям споживачів Вінницької області природного та скрапленого газу;
- технічне обслуговування і ремонт газопроводів, експлуатація газонаповнювальних станцій і пунктів, а також експлуатація газового обладнання та приладів, працюючих на природному та скрапленому газі;
- будівництво газових мереж, газифікація житлового фонду, комунально-побутових об'єктів газопостачання природного та скрапленого газу;
- виконання інших видів діяльності, що не заборонені законодавством України.

«Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз» має таку адресу: 21012, м. Вінниця, пров. Костя Широцького 24.

Загалом в структуру основних виробничих фондів транспортного підрозділу господарства входять наступні основні засоби:

- будинки та споруди;
- машини та обладнання;
- транспортні засоби;
- інструменти, прилади та інвентар.

Вартісну оцінку вищезгаданих фондів станом на 2019р. проведемо по наявним фінансовим даним, які заносимо в таблицю 1.4 та рис. 1.4.

Аналізуючи дані наведені в таблиці 1.1 можна зробити висновки про структуру основних виробничих фондів підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 37,8% від загальної вартості; машини та



обладнання – 15,1 %; транспортні засоби – 44,8%; інструменти і прилади – 2,29%.

Таблиця 1.4 – Вартісна оцінка основних виробничих фондів

Основні засоби	Наявні на кінець 2019 року
Будинки та споруди	4344800
Машини та обладнання	1736200
Інструменти, прилади та інвентар	263640
Транспортні засоби	5150102
Разом	11494742

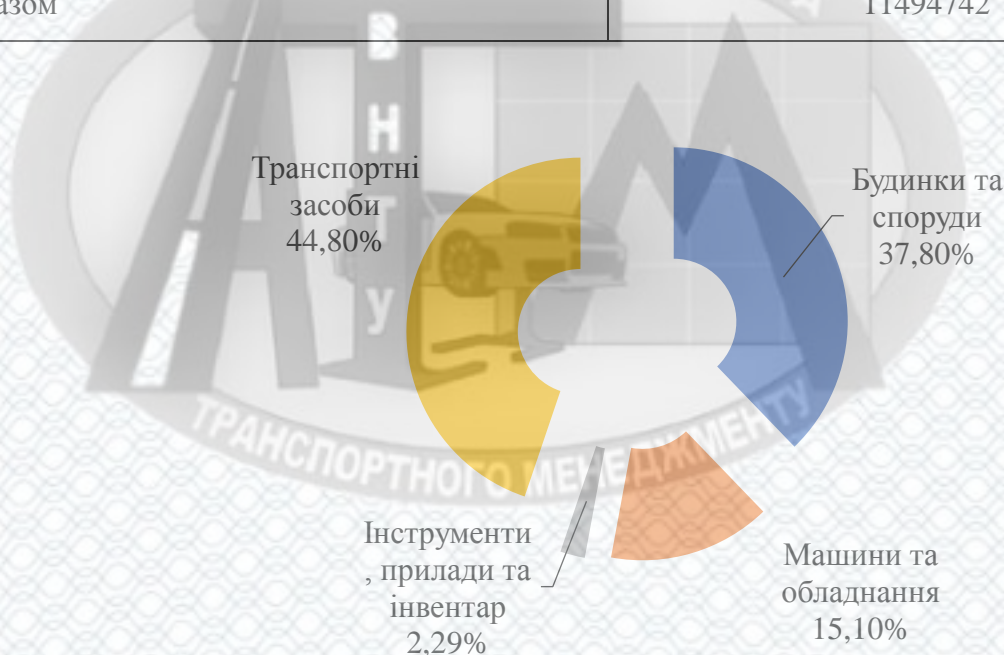


Рисунок 1.4 – Структура вартості основних виробничих фондів

У структурі основних виробничих фондів рухомий склад (44,8%) належить до активної частини і бере участь у наданні транспортних послуг. Решта фондів (55,2%) призначена для технічного забезпечення перевізного процесу і утворює виробничо-технічну базу.

ВУГГ «Вінницягаз» забезпечує основні види діяльності ВАТ "Вінницягаз" у Вінницькому районі. При цьому використовує власний парк рухомого складу (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 - Наявність автотранспорту на кінець 2019 року

Тип, марка автомобіля	Державний №	Вид палива
1	2	3
Кліть ГАЗ-53	1329 вип	газ
Кліть ГАЗ-53	1328 вип	газ
АЦЖТ ЗІЛ-4957	9512 вип	газ
Фургон ГАЗ-53	5889 вио	газ
Фургон ГАЗ-53	2463 вип	газ
Фургон ГАЗ-53	2118 вип	газ
Фургон ГАЗ-53	0925 вин	газ
Фургон ГАЗ-53	3993 вин	газ
Фургон ГАЗ-53	2941 вин	газ
Фургон ГАЗ-53	1830 вин	газ
Фургон ГАЗ-53	1891 вип	газ
Фургон ГАЗ-53	2485 вин	газ
Фургон ГАЗ-5312	7839 вип	газ
Фургон ГАЗ-53	7498 вип	газ
Фургон ГАЗ-5312	4077 вип	газ
Фургон ГАЗ-5327	1461 вип	газ
Фургон ГАЗ-3307	03522 ві	газ
Фургон ГАЗ-5312	7097 вип	газ
Фургон ГАЗ-3307	5558 вит	газ
Фургон ГАЗ-3307	5466 вит	газ
Фургон ГАЗ-3307	0963 віа	газ
Фургон ЗІЛ-131	06415 ві	газ
Фургон ЗІЛ-131	1081 віа	газ
Фургон УАЗ-3909	1752 віа	газ
Фургон УАЗ-3909	1782 віа	газ
Фургон УАЗ-3909	1410 віа	газ
Фургон УАЗ-3962	1409 віа	газ
Фургон УАЗ-3909	02685 ві	газ
А\б УАЗ-2206	05075 ві	бензин
Фургон УАЗ-3909	4921 віа	газ
Фургон УАЗ-3741	07761 ві	бензин
Фургон УАЗ-3909	07902 віа	газ
Фургон ГАЗ-33021	0648 віа	газ
Фургон ГАЗ-33021	00973 ві	газ
Фургон ГАЗ-33021	00987 ві	газ
Фургон ГАЗ-33021	0649 віа	газ
Платформа ГАЗ-33021	0855 віа	газ
Платформа ГАЗ-33021	0856 віа	газ
Платформа ГАЗ-33021	04033 ві	газ
Фургон УАЗ-3909	АВ 0112 АВ	бензин
Фургон ГАЗ-33021	5565 віа	газ
Спеціальний ГАЗ-2705	88210 ві	газ
Спеціальний ГАЗ-32313	03684 ко	газ
Платформа ГАЗ-33021	0779 віа	газ
Кран КС-3575	0575 віа	дизельне паливо
Сп.т ВАЗ-2107	30219 ві	газ

Продовження таблиці 1.5

1	2	3
ВАЗ-21099	44479 ві	газ
Ланос	61054 ві	бензин
Ланос	30209 ві	бензин
ВАЗ-21099	44439 ві	газ
ВАЗ-2106	Вис 0378	газ
ГАЗ-2410	0453 вха	газ
ВАЗ-2121	30329 ві	бензин
ВАЗ-2106	0230 віа	газ
Субару	7778 віа	бензин

В цілому, як видно з таблиці 1.5, представлений автомобільний парк можна поділити на такі групи:

- легкові автомобілі ВАЗ;
- автомобілі типу ГАЗ-53, ГАЗ 3307;
- автомобілі типу ГАЗ 33021;
- автомобілі типу УАЗ 3309.

Результати роботи автотранспорту за останній період часу, визначені за формами № 2-тр державного статистичного спостереження, наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Основні техніко-експлуатаційні показники

Показники	2017	2018	2019
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	55	55	55
2. Автомобіле-дні в господарстві, тис.	21,535	21,535	21,535
3. Автомобіледні в роботі, тис.	14,289	14,291	14,859
4. Час в наряді, тис. год.	120,030	127,190	139,166
5. Загальний пробіг, тис. км	2339,220	2324,230	2355,122
6. Обсяг перевезень, тис. т	51,0	51,5	51,7
7. Вантажообіг, тис. ткм	5642,2	5697,515	5719,570

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 1.3, можемо прийти до таких висновків:

- час перебування автомобілів в наряді за добу залишається практично незмінним і складає в середньому 8,8 годин;

- обсяги наданих транспортних послуг зросли: автомобіледні в роботі – на 1,01%; час в наряді – на 8,35%; обсяги перевезень і вантажооборот – на 1,3%; загальний пробіг – на 0,67%.

## 1.5 Аналіз стану ВТБ транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз»

### 1.5.1 Варіант 1 (експрес - діагностування)

Стан ВТБ транспортного підрозділу оцінюємо за допомогою експрес діагностування стану ВТБ шляхом порівняння фактичних техніко – економічних показників з еталонними питомими показниками, які наведені в [15].

Техніко-економічні показники призначені для виконання проектних розрахунків при визначенні технічного переозброєння даного підприємства для оцінки, співставлення і вибору варіантів проектних рішень.

Для ВТБ встановлені такі нормативні питомі показники:

чисельність виробничих робітників, чоловік на 1 автомобіль;

кількість робочих постів для ТО і ПР рухомого складу на 1 автомобіль;

площа виробничо-складських приміщень, м<sup>2</sup> на 1 рухомого складу;

площа допоміжних (адміністративно-побутових) приміщень, м<sup>2</sup> на 1 рухомого складу;

площа стоянки на 1 автомобіль, м<sup>2</sup>;

площа території на 1 автомобіль, м<sup>2</sup>.

В основі аналізу лежить порівняння фактичних і нормативних значень техніко-економічних показників.

Для умов, які відрізняються від еталонних застосовують такі коефіцієнти:

К1 – коефіцієнт, який враховує облікову кількість технологічно сумісних груп автомобілів;

К2 – коефіцієнт, який враховує тип рухомого складу;

$K_3$  – коефіцієнт, який враховує наявність причіпного складу до вантажних автомобілів;

$K_4$  – коефіцієнт, який враховує середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу;

$K_5$  – коефіцієнт, який враховує умови зберігання рухомого складу;

$K_6$  – коефіцієнт, який враховує категорію умов експлуатації рухомого складу;

$K_7$  – коефіцієнт, який враховує природно-кліматичні умови експлуатації рухомого складу.

Так як умови відрізняються від еталонних визначаються за формулою:

$$N_{H_i} = N_{E_i} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7; \quad (1.1)$$

де  $N_{H_i}$  - нормативний показник  $i$  – го ТЕПа;

$N_{E_i}$  - еталонний показник  $i$  – го ТЕПа.

Для визначення нормативних показників приймаємо, що на підприємстві є чотири групи технічно-сумісного рухомого складу: автомобілі ВАЗ-2106; ГАЗ-53; ГАЗ 33021; УАЗ 3309.

Всі дані для розрахунків, а також їх результати заносяться в таблицю 1.7.

Техніко – економічні показники по всьому підприємстві визначимо за формулою:

$$N_H = \sum N_{H_i} / A_{к.гр.}, \quad (1.2)$$

де  $N_H$  – нормативний показник  $i$ -го ТЕПа для всього підприємства;

$A_{к.гр.}$  – кількість технологічно-умісних груп.

Таблиця 1.7 - Нормативні і еталонні техніко – економічні показники і коефіцієнти коригування по сумісних групах автомобілів

Марка автомо біля	Назва показника	$N_{E_i}$	$N_{H_i}$	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
ВАЗ-2106	Чисельність виробничих робітників	0,22	0,2	1,66	1	1	0,55	-	1,08	0,95
	Кількість роб. постів	0,08	0,15	2,3	1	1	0,78	-	1,07	0,97
	Площа виробничо-складських приміщень	8,5	9,78	2,05	1	1	0,64	-	1,07	0,82
	Площа допоміжних приміщень	5,6	8,66	1,85	1	1	0,82	-	1,04	0,98
	Площа стоянки	18,5	23,5	-	1	1	-	1,27	-	-
	Площа території	65	132	1,9	1	1	0,88	1,27	1,03	0,93
УАЗ-3309	Чисельність виробничих робітників	0,22	0,2	1,66	1	1	0,55	-	1,08	0,95
	Кількість роб. постів	0,08	0,15	2,3	1	1	0,78	-	1,07	0,97
	Площа виробничо-складських приміщень	8,5	9,78	2,05	1	1	0,64	-	1,07	0,82
	Площа допоміжних приміщень	5,6	8,66	1,85	1	1	0,82	-	1,04	0,98
	Площа стоянки	18,5	23,5	-	1	1	-	1,27	-	-
	Площа території	65	132	1,9	1	1	0,88	1,27	1,03	0,93
ГАЗ-33021	Чисельність виробничих робітників	0,32	0,17	1,66	0,56	1	0,55	-	1,08	0,95
	Кількість роб. постів	0,1	0,12	2,3	0,64	1	0,78	-	1,07	0,97
	Площа виробничо-складських приміщень	19	10,9	2,05	0,5	1	0,64	-	1,07	0,82
	Площа допоміжних приміщень	8,7	11,4	1,85	0,85	1	0,82	-	1,04	0,98
	Площа стоянки	37,2	40,7	-	0,83	1	-	1,32	-	-
	Площа території	120	44,3	1,9	0,72	1	0,88	1,32	1,03	0,93
ГАЗ-53	Чисельність виробничих робітників	0,32	0,34	1,66	1,15	1	0,55	-	1,08	0,95
	Кількість роб. постів	0,1	0,19	2,3	1,05	1	0,78	-	1,07	0,97
	Площа виробничо-складських приміщень	19	22,9	2,05	1,05	1	0,64	-	1,07	0,82
	Площа допоміжних приміщень	8,7	13,9	1,85	1,03	1	0,82	-	1,04	0,98
	Площа стоянки	37,2	49,2	-	1,04	1	-	1,27	-	-
	Площа території	120	251	1,9	1,03	1	0,88	1,27	1,03	0,93

Відхилення фактичних показників від нормативних значень визначаються за формулою:

$$\Delta = (N_{\Phi} - N_{Н}) / N_{Н} \cdot 100, \quad (1.3)$$

де  $\Delta$  - відхилення фактичних і нормативних показників.

Результати виконаних розрахунків заносяться в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Порівняння значень техніко – економічних показників

Назва показника	NE	НН	НФ	$\Delta$ , %
Чисельність виробничих робітників	0,28	0,24	0,2	-16
Кількість робочих постів	0,092	0,15	0,14	-6
Площа виробничо-складських приміщень	13,5	14,4	14,6	1,4
Площа допоміжних приміщень	7,46	11,14	12,5	12,2
Площа стоянки	29,7	36,4	38,25	5,1
Площа території	98	158,1	167,2	5,8

Згідно з даними порівняльної таблиці 1.5 видно, що фактичні значення суттєво відрізняються від нормативних. Можна зробити висновок про стан виробничо – технічної бази що: чисельність виробничих робітників і кількість робочих постів не відповідають нормативним; площі території перевищують нормативні. Це свідчить про те, що необхідно провести вдосконалення ВТБ транспортного підрозділу і розробити технологічне забезпечення виробничих процесів ТО і ПР автомобілів, а також щоденного обслуговування (ЩО) з поглибленою розробкою відповідної ділянки.

#### 1.5.2 Варіант 2 (комплексна оцінка стану ВТБ)

Структура виробничих фондів складається з активної і пасивної частини фондів ВТБ. До активної належить рухомий склад підприємства, а до пасивної земельні наділи, будинки, споруди, технічне оснащення (все те, що є стаціонарним).

Структуру виробничих фондів можна обраховувати за формулами:

$$СВФ^n = \Phi_{ВТБ}^n / \Phi_{ВТБ}, \quad (1.4)$$

$$СВФ^a = \Phi_{ВТБ}^a / \Phi_{ВТБ}, \quad (1.5)$$

де  $\Phi_{пВТБ}$  – пасивна частина фондів ВТБ, тис.грн.;

$\Phi_{aВТБ}$  – активна частина фондів ВТБ, тис.грн..

$$СВФ^a = 5150.102 / 11494.742 = 0.448;$$

$$СВФ^n = 6345.098 / 11494.742 = 0.552$$

Стан виробничо-технічної бази характеризується багатьма показниками, один з яких є фондооснащеність. Вона визначається за формулою:

$$\Phi_0 = \frac{\Phi_{ВТБ}}{A_{сп}}, \quad (1.6)$$

де  $\Phi_{ВТБ}$  – вартість виробничо – технічної бази, грн.;

$A_{сп}$  – облікова кількість автомобілів, одиниць.

$$\Phi_0 = 11494,742 / 55 = 209 \text{ тис.грн.}$$

Забезпеченість виробничими площами для ТО і ПР потрібна для визначення кількісної можливості приймання автомобілів на певній площі, а саме їх обслуговування і ремонту і визначається за формулою:

$$S = \frac{S_{ФПП}}{N_{зМ}},$$

де  $S_{ФПП}$  – фактична площа приміщення для ТО і ПР;



$N_{3M}$  – зміна програма ТО і ПР.

Зміну програму визначимо за формулою:

$$N_{3M} = \frac{AD_{госп} - AD_{роб}}{AD_{госп}} A_{СП}, \quad (1.7)$$

де  $AD_{госп}$  – автомобіле – дні перебування в господарстві, тис.;

$AD_{роб}$  - автомобіле – дні в роботі, тис.;

Дані для розрахунків беруться з „Форми №2 - тр” державного статистичного спостереження.

Тоді:

$$N_{3M} \frac{17,9 - 10,5}{17,9} \cdot 59 = 24,3;$$

$$S = \frac{216}{24,3} = 8,88 \text{ м}^2.$$

Технологічне обладнання і рівень технології характеризують такі показники: фондоозброєність і механоозброєність ремонтних робітників.

Їх визначають за формулами:

$$ФВ = ГВ_{ФВТБ} / Ч; \quad (1.8)$$

$$М = ГВ_{Факт} / Ч, \quad (1.9)$$

де  $ГВ_{ФВТБ}$  – вартість основних виробничих фондів за виключенням транспортних засобів, тис. грн.;

$ГВ_{Факт}$  – вартість активної частини основних виробничих фондів ВТБ, тис.грн.;

$Ч$  – чисельність ремонтних і допоміжних робітників, чол..

$$ФВ = 6345,098 / 15 = 423 \text{ тис.грн./чол};$$

$$M = 5150,102 / 15 = 343 \text{ тис.грн./чол.}$$

## 1.6 Висновки до розділу 1

1. Питання, що стосуються безпечної експлуатації газобалонних автомобілів, актуальні на сьогоднішній день, і вони повинні бути підтверджені розробкою технологічних процесів і конструктивними рішеннями.

2. Для виключення можливих негативних впливів викидів вуглеводнів при несправності ЗПА газових балонів необхідно проаналізувати причини виникаючих ситуацій і вирішити проблему організації безпечної технічної експлуатації газобалонних автомобілів шляхом створення простих по конструкції і надійних при роботі постів зливання газу.

3. З огляду нормативних документів, що стосуються технічної експлуатації газобалонних автомобілів, і приводяться в них технологічних схем зливання газу випливає, що вони призначені тільки для балонів, обладнаних ЗПА, що складається з окремих вентилів різного призначення. Для балонів з мультиклапаном приводяться технологічні схеми зливання газу не можуть бути застосовні.

4. Ця проблема виникла в результаті відсутності в нашій країні в постперевбудовний період і до теперішнього часу контролю за виконанням вимог нормативних документів. Отже, упущення в нормативному документі порушило функціонування системи технічної експлуатації ГБА, що тягне за собою серйозні екологічні та економічні проблеми.

5. Проаналізувавши стан виробництва ТО і ремонту автомобілів, можна зробити такі висновки:

- чисельність виробничих робітників і кількість робочих постів не відповідають нормативним;
- виробничих площ достатньо для забезпечення нормального технічного обслуговування і ремонту рухомого складу;
- площа стоянки рухомого складу відповідає вимогам підприємства;

- забудова підприємства відокремлена, що в цілому спрощує планувальні рішення, а також дозволяє проводити поетапне вдосконалення виробничо-технічної бази підприємства.

Отже, дослідження питань вдосконалення технологічних процесів технічної експлуатації ГБА і конструкції двопаливної системи живлення для забезпечення можливості зливання ЗВГ із автомобільного газового балона є гострою і вкрай актуальною проблемою.



## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОБАЛОННИХ АВТОМОБІЛІВ

### 2.1 Технологічні процеси технічної експлуатації газобалонних автомобілів

Як область практичної діяльності ТЕА - це комплекс взаємопов'язаних технічних, економічних, організаційних і соціальних заходів, що забезпечують [37]:

1) своєчасну передачу службі перевезень або зовнішньої клієнтурі справних автомобілів, необхідних номенклатури і кількості, в потрібний для клієнтури час;

2) підтримання автомобільного парку в працездатному стані при:  
- раціональних витратах трудових і матеріальних ресурсів; - нормативних рівнях дорожньої і екологічної безпеки; - нормативних умовах праці персоналу.

Як галузь науки ТЕА визначає шляхи і методи управління технічним станом автомобілів і парків для забезпечення:

- регулярності і безпеки перевезень при найповнішій реалізації техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів;
- заданих рівнів працездатності та технічного стану;
- оптимізації матеріальних і трудових витрат;
- мінімуму негативного впливу автомобільного транспорту на населення, персонал і навколишнє середовище.

Зниження негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище і людини є однією з головних цілей ТЕА і вимагає нормативно-технологічного забезпечення і організації технічного обслуговування, ремонту, зберігання, заправки рухомого складу.

Справжні дослідження присвячені питанням технічної експлуатації газобалонних автомобілів на ЗВГ, зокрема, проблемам зливання ЗВГ із автомобільних балонів.

Технологічний процес технічної експлуатації газобалонних автомобілів включає в себе ряд специфічних операцій, до яких відноситься злив зрідженого газу з автомобільних газових балонів (рисунок 2.1).



ЩО – щоденне обслуговування; ТО-1 – перше технічне обслуговування; ТО-2 – друге технічне обслуговування; СО – сезонне обслуговування; ПР – поточний ремонт.

Рисунок 2.1 – Блок-схема проведення технологічних процесів технічної експлуатації ГБА

Переклад автотранспортних засобів на ЗВГ вимагає проведення комплексу додаткових заходів, пов'язаних з особливостями ТО таких автомобілів, а також наявності відповідної інфраструктури.

Комплекс для ТО і ТР ГБА, що працюють на ЗВГ, повинен включати в себе [37, 38]:

- пост перевірки герметичності газової системи харчування;
- пост зливання газу і дегазації автомобільних газових балонів;
- ділянку діагностики і ТО газобалонної апаратури;
- зону ТР газобалонної апаратури;
- Ділянка ремонту газової апаратури;
- пункт огляду автомобільних газових балонів;

- оборотний склад газової апаратури;
- склад автомобільних газових балонів.

Пост перевірки герметичності газової системи живлення розміщується на контрольно-пропускному пункті (КПП). Контроль за герметичністю перед виїздом автомобіля на лінію і при поверненні його в АТП здійснює черговий механік.

На території підприємства з обслуговування газобалонних автомобілів повинен бути передбачений пост зливання ЗВГ. Функціональне призначення поста пов'язано із забезпеченням безпечного проведення робіт, пов'язаних з порушенням герметичності, заміною та умови наступного періодичного огляду балонів, а також зварювальних і малярських робіт і зберігання ГБА в приміщеннях, що не відповідають вимогам пожежної безпеки. На посту зливання ЗВГ проводиться також дегазація внутрішньої порожнини балонів.

Зона діагностики і ТО газобалонної апаратури призначена для діагностування Д-1, Д-2 і виконання контрольних, регулювальних, мастильних робіт при ТО-1, ТО-2, сезонному обслуговуванні. Діагностування є заключним видом технічних впливів після проведення ТР і переобладнання. В'їзд автомобілів в зону діагностики допускається своїм ходом при роботі двигунів на зрідженому газі. Регулювання газової системи харчування і зняття потужних параметрів при діагностуванні вирішуються також при роботі двигуна на ЗВГ.

У зоні ТР на двох постах проводиться поточний ремонт газової системи харчування (агрегатним методом) і примусова заміна конструктивних елементів, що забезпечують безпеку експлуатації газобалонних автомобілів. Тут же на спеціалізованих постах здійснюється переобладнання бензинових автомобілів (вантажних, легкових) для роботи на ЗВГ. У зону ТР і переобладнання в'їзд автомобілів повинен здійснюватися тільки при роботі двигуна на бензині, при закритих витратних (магістральних) вентилях і виробленому з системи живлення зрідженому газі.

Агрегати, зняті з автомобіля, надходять на ділянку ремонту газової апаратури. Тут виконують разборочно-мийні, слюсарно-складальні і

контрольно-регулювальні роботи. Ділянка має безпосередній зв'язок з оборотним складом газової апаратури.

Пункт огляду призначений для підтримки високої надійності роботи автомобільних газових балонів шляхом періодичного їх огляду (1 раз в 2 роки). В пункт для забезпечення достатньої виробничої програми повинні надходити на технічне переогляд балони з інших автотранспортних підприємств, незалежно від їх відомчої належності та форм власності. Робота пункту організовується в тісному зв'язку зі складом автомобільних газових балонів. До складу пункту огляду входять:

- ділянку пропарювання автомобільних газових балонів;
- ділянку випробування газових балонів;
- Ділянка ремонту запірно-запобіжної арматури;
- ділянку забарвлення і сушки автомобільних газових балонів;
- компресорна, призначена для забезпечення стисненим повітрям (тиском 0,5 ... 0,6 МПа і 1,6 ... 1,8 МПа) всіх виробничих ділянок, постів діагностики і ТО газобалонної апаратури, зони ТР і переобладнання автомобілів. На ділянці випробування газових балонів робочий тиск має бути не менше 2,5 МПа, воно створюється гідравлічним насосом шестеренчатого або поршневого типу.

Склад служить для зберігання нових, знятих з автомобілів порожніх і дегазованих, а також пройшли повторний балонів.

Таким чином, для забезпечення експлуатації ГБА згідно з вимогами нормативних документів необхідна наявність описаного вище комплексу для ТО і ТР ГБА.

Необхідно відзначити, що з 1985 року в регіоні стався інтенсивний ріст кількості газобалонних автомобілів. До 1991 р дозвіл на переобладнання автомобілів для роботи на ЗВГ отримували тільки автомобілі, що знаходяться в підприємствах. Наприклад, вантажні автомобілі АТП і легкові автомобілі (таксі), зареєстровані в таксопарках. До 1991 року кількість ГБА було близько 1500 одиниць. Після 1991 р можливість переобладнання автомобілів в газобалонні отримали і приватні власники автомобілів.

Велика частина легкових таксі також використовує в якості палива ЗВГ. На сьогоднішній день таксопарків, що мають на своєму балансі автомобілі, практично немає, тому в більшості служб таксі працюють водії з особистими автомобілями, метою яких є зниження власних витрат на паливо, встановивши ГБО на свій автомобіль. Водій обслуговує свій автомобіль самостійно, заїжджаючи на СТО, а також сам піклується про умови його зберігання.

Часті заїзди на СТО відбуваються в міжсезоння - навесні і восени. При необхідності проведення ремонтних робіт, що стосуються балонів і їх арматури (мультиклапана), при виконанні зварювальних і малярських робіт, потрібно злити ЗВГ з газового балона. Злив ЗВГ з газового балона необхідно здійснювати також при випробуванні газової системи харчування на герметичність стисненим повітрям або негорючим газом ( $N_2$ ,  $CO_2$ ) під тиском 1,6 МПа (опресовування), при знятті балонів для проведення їх огляду або заміни. При заправці газового балона також виникають аварійні ситуації, пов'язані з відмовою запірно-запобіжної арматури, що вимагають негайного зливання газу з балона. На СТО спеціальні пости зливання газу відсутні, тому водій змушений видаляти газ в навколишнє середовище.

Невиконання вимог нормативних документів, а отже, порушення технологічного процесу експлуатації ГБА полягає в стравлюванні ЗВГ в навколишнє середовище при необхідності спорожнити газовий балон. Такі випадки є вимушеним заходом для власників газобалонних автомобілів, що завдає великої шкоди навколишньому середовищу.

Таким чином, на основі аналізу літературних джерел, нормативних документів, а також практики експлуатації ГБА підтверджено актуальність досліджень, спрямованих на вдосконалення технологічних процесів технічної експлуатації ГБА шляхом здійснення зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів. Відповідно до вимог системного підходу встановлено чинники, що забезпечують безпечну експлуатацію ГБА. Виявлено, що ГБА, оснащені газовими балонами з ЗПА у вигляді мультиклапана, експлуатуються з



порушенням вимог нормативних документів. Все це дозволило уточнити мету і сформулювати завдання досліджень.

Як методологічна основа загальної методики досліджень використовуємо системний підхід, характерний для даної наукової школи і реалізований в методиці системного аналізу.

Для вирішення поставлених завдань проводилися теоретичні та експериментальні дослідження, представлені на рисунку 2.2.

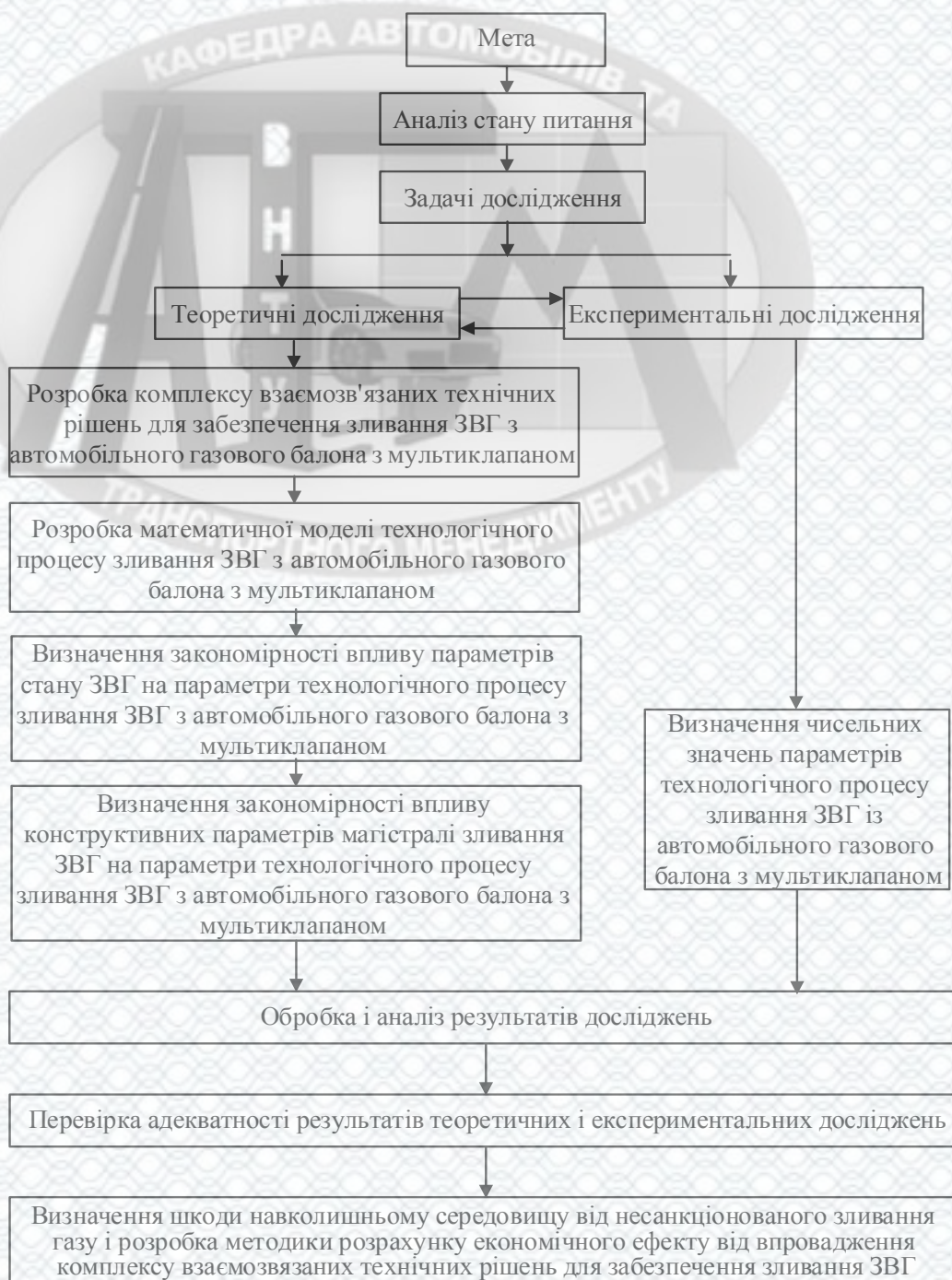


Рисунок 2.2 – Загальна методика досліджень

2.2 Рекомендований варіант модернізованої системи живлення двигуна газобалонного автомобіля, з метою забезпечення зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона

Реалізація зливання ЗВГ вимагає наявності в системі живлення двох місць для приєднання шлангів, функції яких розподіляються наступним чином: перший - для підведення до балона надлишкового тиску (підвідний шланг); другий - для зливання з балона рідкої фази ЗВГ і відсмоктування парової фази ЗВГ (зливний шланг).

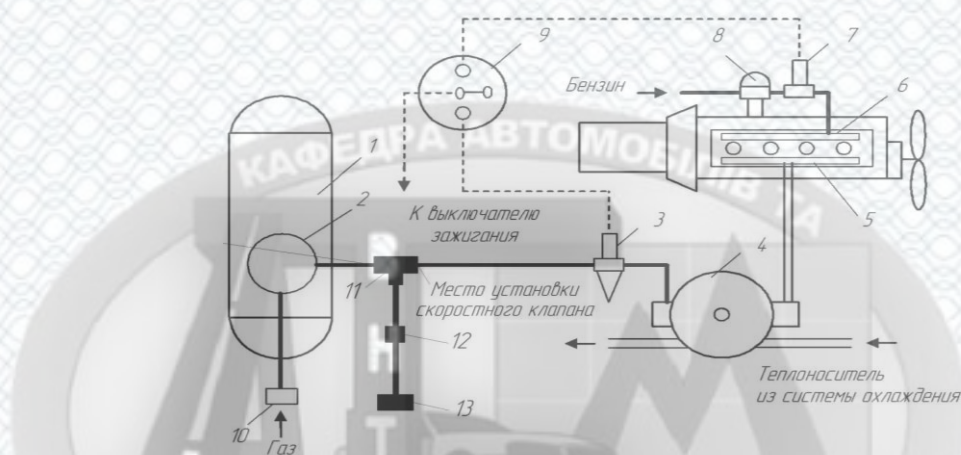
Тому виникає необхідність внести зміни в існуючі схеми живлення двигуна газом і для кожного типу балона вибрати місця установки додаткових пристроїв, що забезпечують злив ЗВГ. При цьому потрібно враховувати такі вимоги:

- злив рідкої фази ЗВГ повинен проводитися з самого нижнього рівня балона, щоб зменшити до мінімуму обсяг незливаемого залишку;
- на лінії зливання рідкої фази і відсмоктування парової фази ЗВГ не повинно бути швидкісних клапанів;
- при приєднанні до балона шлангів зливної колонки повинен бути виключений демонтаж безпрокладочних ніпельних з'єднань трубопроводів газобалонної апаратури;
- для зливання ЗВГ бажано використовувати найбільші прохідні перетини запірної арматури балонів.

При експлуатації ГБА з газовим балоном, обладнаним окремими вентилями, злив ЗВГ не представляє труднощі при наявності обладнаного поста зливання, тому що є можливість під'єднати зливний і підвідний шланги до вентилів на балоні.

При експлуатації ГБА з газовим балоном, обладнаним мультиклапаном, газ з балона злити неможливо, тому що ВЗП обладнано зворотним клапаном, а в магістралі подачі газу в двигун в мультиклапані встановлений швидкісний клапан. Отже, для здійснення операції зливання ЗВГ із автомобільного газового балона,

необхідно вводити зміни в схему живлення двигуна газом, встановлюючи додатково трійник в магістраль подачі газу в двигун, до якого приєднуємо вентиль зливання газу і ВЗУ без зворотного клапана. Причому в трійник з боку двигуна необхідно встановити швидкісний клапан, демонтувавши його з мультиклапана (рисунок 2.3). Відомість додаткових вузлів представлена в таблиці 2.1.



1 – газовий балон; 2 – мультиклапан; 3 – магістральний газовий клапан; 4 – газовий редуктор; 5 – рампа газова; 6 – рампа бензинова; 7 – бензиновий клапан; 8 – бензонасос; 9 – тумблер перемикання виду палива; 10 – ВЗУ; 11 – трійник з швидкісним клапаном; 12 – вентиль зливання газу; 13 – ВЗУ без зворотного клапана для зливання газу.

Рисунок 2.3 – Принципова схема модернізованої системи живлення двигуна газом у випадку використання балона з мультиклапаном

Таблиця 2.1 – Відомість додаткових вузлів і елементів зєднань для магістралі зливання ЗВГ із газового балона з мультиклапаном

№ п/п	Найменування	Кількість
Необхідні вироби		
1.	Трійник газовий латуний 1/2"	1
2.	Кран шаровий 1/2" ГОСТ 21345-2005	1
3.	ВЗУ без зворотного клапана (штатний з демонтованим шариком і пружиною)	1
4.	Труба мідна 6×1 ГОСТ Р 52318-2005, м	2
5.	Гайка накидна М12×1,25	6
6.	Втулка діаметр 6	6
7.	Мідна прокладка	1
Додаткові виготовлені вироби		
8.	Зєднувальний штуцер трійника	1
9.	Штуцер вентилля	2

Варіант модернізованої системи живлення двигуна ГБА дозволить виконати приписи нормативних документів у випадках, які передбачають злив газу з балонів. Крім того, це підвищить безпеку експлуатації ГБА і забезпечить екологічну чистоту навколишнього середовища.

2.3 Рекомендовані варіанти технологічних схем постів зливання зрідженого вуглеводневого газу на автогазозаправній станції і автотранспортному підприємстві

2.3.1 Пост зливання зрідженого вуглеводневого газу на автогазозаправній станції

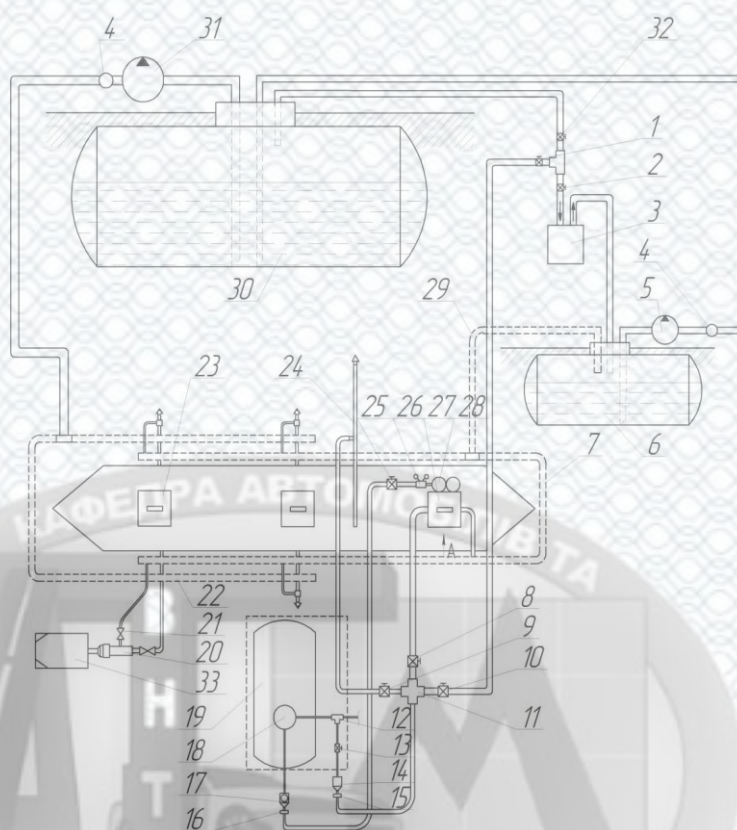
Нормативним документом пропонується можливість організації поста зливання на АГЗС або на спеціально організованій майданчику на АТП, де зберігаються і обслуговуються газобалонні автомобілі.

Принципова технологічна схема поста зливання ЗВГ на АГЗС представлена на рисунку 2.4. Представлений пост суміщений з заправними колонками 23.

У складі поста повинні бути передбачені:

- майданчик з твердим покриттям для установки автомобіля з розмірами, що перевищують максимальні габарити транспортного засобу в плані на величину не менше 1,5 м;
- зливний резервуар об'ємом 5 м<sup>3</sup> в підземному виконанні;
- обладнання для створення надлишкового тиску в автомобільному газовому балоні і його дегазації;
- насос для перекачування злитого газу в резервуар-сховище АГЗС.

Розміщення і планування поста зливання ЗВГ повинна виключати можливість розливання (розтікання) ЗВГ по навколишньої території і, як наслідок цього, можливість його подальшого випаровування.



1, 2, 32 – вентилі; 3 – компресор АВ-75; 4 – лічильник газу; 5 - насос відкритовихревий FAS NZ153; 6 – резервуар зливний; 7 – зливна магістраль; 8 – вентиль зливання рідкої фази СУГ; 9 – вентиль на продувочну свічку; 10 – вентиль відсмоктування парової фази СУГ; 11 – хрестовина з'єднувальна; 12 – трійник зі швидкісним клапаном; 13 – вентиль зливання газу; 14 – ВЗУ без зворотного клапана; 15 – пістолет зливання СУГ; 16 – пістолет подачі природного газу; 17 – ВЗУ; 18 – мультиклапан; 19 – балон газовий; 20 – пістолет заправочний; 21 – пристрій збору газу; 22 – магістраль заправочна; 23 – колонка заправочна; 24 – свічка продувочна; 25 – вентиль подачі природного газу; 26 – редуктор понижаючий; 27 – колонка зливна; 28 – балон з природнім газом; 29 – труба газова дюймова стальна безшовна; 30 – резервуар сховища АГЗС; 31 – насос вихревий С-5/200; 33 – газобалоний автомобіль.

Рисунок 2.4 – Принципова технологічна схема поста злива ЗВГ на АГЗС

Покриття проїздів у поста зливання ЗВГ повинно проектуватися стійким до впливів нафтопродуктів.

Технологічні рішення поста зливання ЗВГ повинні передбачати системи пожежної та аварійної сигналізації, а також пожежогасіння.

Пост зливання ЗВГ повинен мати необхідне допоміжне обладнання, що забезпечує зовнішнє освітлення, освітлення зливних і заправних колонок (пристроїв), гучномовний зв'язок і т.п.

Пост зливання ЗВГ складається з 3-х основних систем: витіснення ЗВГ з газового балона; зливання ЗВГ в резервуар; перекачування ЗВГ з зливного резервуара в резервуар-сховище.

Система витіснення ЗВГ підключається за допомогою гнучкого шланга і пістолета подачі природного газу 16 до ВЗУ автомобільного газового балона 17.

Система зливання ЗВГ із балона автомобіля в зливний резервуар 6 складається з трубопроводів, пістолета зливання ЗВГ 15, шести запірних вентилів 1, 2, 8, 9, 10, 32, хрестовини 11, зливної колонки 27 і системи випуску парової фази з автомобільного балона «на свічку» 24.

Система перекачування ЗВГ складається з компресора 3, насоса откритовіхревого типу 5, лічильника газу 4 і трубопроводу з зливного резервуара в резервуар сховище 30.

У разі необхідності подавлення ЗВГ в зливному резервуарі 6 може бути використаний компресор 3, з'єднаний за допомогою запірних вентилів 2 і 32 з паровою подушкою резервуара 30.

Система витіснення ЗВГ підключається до ВЗУ 17, система зливання ЗВГ підключається до ВЗУ без зворотного клапана 14.

Злив ЗВГ з автомобільного газового балона 19 здійснюється за рахунок видавлення рідкої фази стисненим природним газом з балона 28 (акумулятора). Газовий редуктор 26 налаштовується таким чином, щоб тиск газу на виході становило 1,6 МПа.

Після настройки редуктора за допомогою вентилів 13, 8, 25 роблять зливання рідкої фази до повного спорожнення балона 19. Процес зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона спостерігається за показниками манометра на зливному резервуарі 6. Момент зростання тиску говорить про повний злив рідкої фази і необхідності припинення подачі природного газу з балона 28. Облік кількості зливаемого газу здійснюється за допомогою колонки

27. Звільнення балона від залишків парової фази, в т.ч. природного газу, здійснюється за допомогою відкриття вентиля 9 «на свічку» або технічні потреби.

Перекачування ЗВГ з зливного резервуара 6 проводиться за допомогою насоса 5 через забірну магістраль.

Таким чином, пости зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів вкрай необхідні для організації безпечної експлуатації ГБА, що підтверджується статистикою експлуатації цих автомобілів.

### 2.3.2 Пост зливання зрідженого вуглеводневого газу на автотранспортному підприємстві

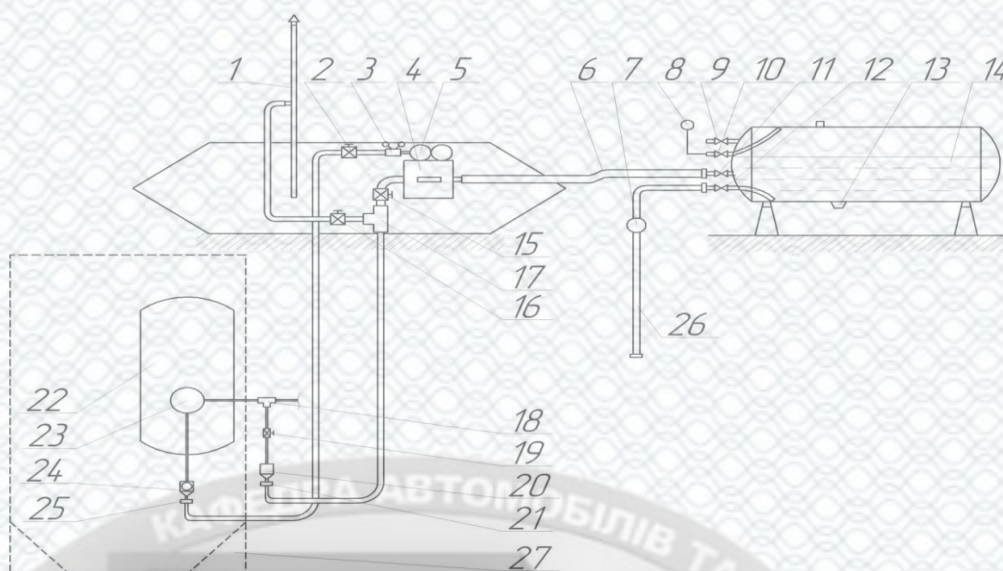
В даному розділі представлений другий варіант організації поста зливання газу на АТП. У складі поста зливання ЗВГ на АТП повинні бути (рисунок 2.5):

- майданчик з твердим покриттям для установки автомобіля з розмірами, що перевищують максимальні габарити транспортного засобу в плані на величину не менше 1,5 м;
- зливний резервуар, змонтований в наземному положенні;
- обладнання для створення надлишкового тиску в автомобільному газовому балоні при зливі ЗВГ і проведенні дегазації;
- приміщення для персоналу, який обслуговує пост (з розрахунку 4,5 м<sup>2</sup> на одного працюючого).

Майданчик поста зливання ЗВГ повинен бути розташований під навісом з вогнетривких матеріалів.

Якщо ви вибрали місце поста зливання ЗВГ і його технологічної схеми слід керуватися наступними вимогами:

- майданчик поста зливання ЗВГ (спільно з ділянкою дегазації балонів) повинен розміщуватися з підвітряного боку по відношенню до виробничих і адміністративно-побутових будівель АТП;



1 – свічка продувочна; 2 – вентиль подачі природного газу; 3 – редуктор понижаючий; 4 – колонка зливна; 5 – балон з природним газом; 6 – магістраль збору газу; 7 – лічильник газу; 8 – манометр; 9 – вентиль максимального наповнення; 10 – вентиль парової фази; 11 – заправочний вентиль; 12 – вентиль рідкої фази; 13 – зливна пробка; 14 – зливний резервуар; 15 – вентиль зливання рідкої фази ЗВГ; 16 – вентиль на продувочну свічку; 17 – трійник; 18 – трійник з швидкісним клапаном; 19 – вентиль зливання газу; 20 – ВЗУ без зворотного клапана; 21 – шланг з пістолетом для зливання ЗВГ; 22 – автомобільний газовий балон; 23 – мультиклапан; 24 – ВЗУ; 25 – шланг з пістолетом для подачі природного газу; 26 – шланг з пістолетом для роздачі рідкої фази ЗВГ; 27 – газобалоний автомобіль.

Рисунок 2.5 – Принципова технологічна схема поста зливання ЗВГ, розміщеного на АТП

- відстані від майданчика поста зливання ЗВГ і його технологічного обладнання (наземних і підземних резервуарів) до будівель і споруд необхідно приймати згідно з нормативами.

Генеральний план АТП повинен передбачати рух транспорту до поста зливання ЗВГ по односторонній схемі з урахуванням допустимих радіусів повороту транспортних засобів. Зустрічний рух автотранспорту на посту зливання ЗВГ не допускається.

На пості зливання ЗВГ слід передбачити приміщення (павільйон) для операторів з пультом управління і КПП.



Приміщення для операторів поста зливання ЗВГ повинно бути не нижче III ступеня вогнестійкості і мати вихід в сторону, протилежну ємності з роздатковим рукавом.

Відстань від приміщення оператора до резервуара поста зливання ЗВГ слід приймати не менше 5 м.

Допускається не передбачати окремого приміщення для оператора поста зливання ЗВГ, за умови розміщення пультів управління і КПП в окремому приміщенні виробничої будівлі з можливостями візуального контролю за обслуговуючими автомобілями.

Острівці для поста зливання ЗВГ і майданчик біля зливного резервуара повинні мати підвищення над прилеглою проїзною частиною на 0,15-0,2 м.

Пост зливання ЗВГ складається з 4-х основних систем: системи витіснення ЗВГ з автомобільного газового балона; системи зливання ЗВГ в резервуар; системи зберігання газу і системи роздачі ЗВГ з резервуара для технологічних потреб.

Система витіснення і система зливання ЗВГ аналогічні системам поста зливання на АГЗС.

Система зберігання ЗВГ складається з зливного резервуара 14, в якості якого запропонований автомобільний газовий балон місткістю від 100 до 250 л з ЗПА у вигляді окремих вентилів на днище або обичайці балона і контрольного манометра 8.

Система заправки ЗВГ газових балонів з зливного резервуара складається з шланга із пістолетом для роздачі рідкої фази 26, підключеного до вентиля рідкої фази 12 резервуара і лічильника газу 7.

Порядок зливання ЗВГ із автомобільного газового балона наступний:

- під'єднати до ВЗУ шланг подачі стисненого природного газу для створення надлишкового тиску, що перевищує на 1,5-2,0 атм. тиск парової фази в зливному резервуарі;
- під'єднати зливний шланг до ВЗУ без зворотного клапана;
- відкрити вентиля на зливному шлангу і шлангу подачі природного газу;

- відкрити вентиль зливання газу і наповнювальний вентиль мультиклапана;

- після закінчення видавлювання рідкої фази ЗВГ закрити вентиль на шлангу подачі природного газу, наповнювальний вентиль, вентиль зливання газу і вентиль на пості зливання;

- відкрити вентиль зливання газу і вентиль на продувну свічку і видалити залишки парів ЗВГ до тиску в балоні, що не перевищує 0,1 МПа;

- закрити вентиль зливання газу і вентиль на продувну свічку і від'єднати зливний шланг і шланг подачі природного газу;

- демонтувати газовий балон з автомобіля (при необхідності).

Порівнюємо витрати на проектування поста зливання ЗВГ на території АГЗС та АТП за допомогою специфікацій на обладнання і матеріали цих постів (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Специфікація обладнання і матеріалів, необхідних для проектування поста зливання СУГ на АГЗС і АТП

№ п/п	Обладнання і матеріали	Кількість, од.	
		АГЗС	АТП
1.	Пістолет зливання ЗВГ	1	1
2.	Пістолет подачі природного газу	1	1
3.	Хрестовина зеднувальна	1	0
4.	Вентиль	7	3
5.	Балон з природнім газом	2	2
6.	Редуктор понижуючий	1	1
7.	Компресор	1	0
8.	Лічильник газу	1	1
9.	Насос для перекачки газу із зливного резервуара	1	0
10.	Колонка зливна	1	1
11.	Зливний резервуар	1	0
12.	Балон от 100 до 250 л	0	1
13.	Рукава для підводу пістолетів	2	3
14.	Трубопроводи	8	4
15.	Трійник	1	1

Аналізуючи цю специфікацію, можна сказати, що при проектуванні поста зливання ЗВГ на АГЗС необхідно додатково встановити 1 хрестовину, 4 вентилі,

компресор для створення тиску в зливному резервуарі, насос для перекачування газу з ємності, резервуар зливний. На самостійному посту досить встановити балон місткістю 100-250 л з ЗПА, рознесеною по днищу. Довжина трубопроводів, що з'єднують основні елементи поста на АГЗС, буде значно більша, ніж для самостійного поста зливання ЗВГ на АТП. Таким чином, пост зливання ЗВГ на АГЗС буде більш дорогим по номенклатурі специфікацій і більш трудомістким у виготовленні, ніж пост на АТП.

#### 2.4 Дослідження параметрів стану скрапленого вуглеводневого газу

ЗВГ є двофазною сумішю рідина - пар. При цьому пари зріджених газів знаходяться в насиченому стані тільки в тому випадку, якщо є вільна поверхня рідини даної речовини в замкнутому просторі, тобто коли існує одночасно дві фази - рідка і парова. Ця двофазна система може існувати лише при температурі, якій буде відповідати певна пружність парів, і, навпаки, при заданій пружності насиченої пари система «рідина - пар» може існувати тільки при певній температурі. Таким чином, кожній температурі відповідає певний тиск. Отже, при двофазній системі в умовах рівноваги не відбувається ні конденсація парів, ні випаровування рідини. Крім того, всі частини системи мають однакові температуру і тиск, тобто система знаходиться в термічно рівноважному стані [36].

В даному випадку, як свідчать експерименти, рідка фаза інтенсивно перемішується з газовою. При зливі ЗВГ з автомобільного балона допускається проникнення в зливну магістраль газових бульбашок.

Процес видавлювання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона в зливний резервуар є адіабатичним, тому що передачі тепла від молекул газу до стінок зливної магістралі не відбувається [20]. Ніяких хімічних перетворень в газовому балоні не відбувається, змінюються лише параметри рідкої та парової фаз. При цьому основними параметрами стану суміші ЗВГ в газовому балоні є абсолютний тиск  $p$ , щільність  $\rho$  і абсолютна температура  $T$ . Ці три параметри

називають термічними параметрами стану [9]. Для повної характеристики стану рідкої і парової фаз необхідно знати тиск  $p$  і щільність  $\rho$  ЗВГ.

Так як всі розрахунки проводяться в межах тиску 0,2 - 1,6 МПа, то застосовні закони газового стану для ідеальних газів [36].

Зріджені вуглеводневі гази взаємно розчиняються один в одному, утворюючи механічну суміш, тому до них, при незначно високому тиску, з достатньою точністю (для практичних обчислень) застосуємо закон Рауля (закон адитивності) [4, 9, 36]:

$$P_i = p_i \cdot r_i, \quad (2.1)$$

де  $P_i$  – парціальний тиск пару кожного компонента рідкої суміші, Па;

$p_i$  – пружність парів чистого компонента  $i$  [36];

$r_i$  – молярна частка компонента  $i$  в рідкій суміші.

Визначення рівноважного складу парової фази по заданому складу рідкої фази проводиться в два прийоми. Спочатку визначаємо загальну пружність парової фази за формулою

$$p = x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n, \quad (2.2)$$

де  $x_1, \dots, x_n$  – частка компонентів в рідкій фазі.

Потім заходимо концентрацію кожного компонента по формулі

$$r_i = \frac{x_i \cdot p_i}{p}. \quad (2.3)$$

Концентрація компонентів рівноваги парової фази в молярних частках визначена для діапазону температур від мінус 35 до плюс 30°C при наступних масових частках компонентів:  $C_3H_8$  – 54%,  $C_4H_{10}$  – 46% (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Концентрація компонентів парової фази ЗВГ в молярних частках і загальна пружність парів

Температура $t$ , °C	Концентрація пропану в рівноважній паровій фазі $r_{C_3H_8}$	Концентрація бутану в рівноважній паровій фазі $r_{C_4H_{10}}$	Загальна пружність парової фази ЗВГ $p$ , МПа
-35	1	-	0,072
-30	1	-	0,089
-25	1	-	0,106
-20	1	-	0,127
-15	0,857	0,143	0,180
-10	0,854	0,146	0,214
-5	0,848	0,152	0,254
0	0,843	0,157	0,299
5	0,838	0,162	0,350
10	0,835	0,165	0,407
15	0,830	0,170	0,471
20	0,827	0,173	0,544
25	0,823	0,177	0,624
30	0,763	0,237	0,764

Визначення рівноважного стану рідкої фази по відомому складу парової фази також виконується в два прийоми. Спочатку визначаємо загальний тиск системи по формулі

$$p = \frac{1}{r_1 / p_1 + r_2 / p_2 + \dots + r_n / p_n}, \quad (2.4)$$

де  $r_1, \dots, r_n$  – частка компонентів в паровій фазі.

Потім заходимо концентрацію кожного компонента в рідинній фазі по формулі

$$x_i = \frac{r_i \cdot p}{p_i}. \quad (2.5)$$

Також визначена концентрація компонентів рівноважної рідинної фази, в молярних частках, для діапазону температур від мінус 35°C до плюс 30°C при наступних масових частках компонентів:  $C_3H_8$  – 54%,  $C_4H_{10}$  – 46% (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Визначення концентрації компонентів рідинної фази ЗВГ, в молярних частках

Температура $t$ , °C	Концентрація пропану в рівноважній рідинній фазі $x$ $C_3H_8$	Концентрація бутану в рівноважній рідинній фазі $x$ $C_4H_{10}$
-35	-	1
-30	-	1
-25	-	1
-20	-	1
-15	0,187	0,813
-10	0,191	0,809
-5	0,198	0,802
0	0,204	0,796
5	0,210	0,790
10	0,214	0,786
15	0,220	0,780
20	0,224	0,776
25	0,228	0,772
30	0,233	0,767

Для визначення щільності рідкої фази ЗВГ, при заданому компонентний склад і температурі навколишнього повітря, необхідно знати щільність її компонентів. Щільність компонентів ЗВГ при температурі повітря від мінус 35 ° C до плюс 30 ° C вказана в таблиці.

Середня щільність рідкої фази ЗВГ визначається за правилом змішання [36]:

$$\rho_{cm} = \frac{100}{g_1 / \rho_1 + g_2 / \rho_2 + \dots + g_n / \rho_n}, \quad (2.6)$$

де  $g_1, g_2, \dots, g_n$  – масова частка компонента суміші, %;

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  – густина компонента суміші при даній температурі,  $кг/м^3$ .

Густина рідкої фази ЗВГ при температурі мінус 35°C визначається як

$$\rho = \frac{100}{\frac{54}{0,573} + \frac{46}{0,637}} = 0,601 кг / м^3.$$

Розрахункові значення густини рідкої фази пропану, бутану і ЗВГ приведені в таблиці 2.5.

Таблиці 2.5 – Густина рідинної фази ЗВГ

Температура $t$ , °C	Густина пропану, кг/м <sup>3</sup>	Густина бутану, кг/м <sup>3</sup>	Густина ЗВГ, кг/м <sup>3</sup>
-35	0,573	0,637	0,601
-30	0,568	0,632	0,596
-25	0,562	0,627	0,590
-20	0,556	0,622	0,585
-15	0,549	0,617	0,578
-10	0,543	0,611	0,572
-5	0,536	0,607	0,566
0	0,530	0,601	0,560
5	0,523	0,596	0,554
10	0,516	0,590	0,548
15	0,509	0,585	0,541
20	0,501	0,579	0,534
25	0,493	0,573	0,527
30	0,485	0,567	0,520

До параметрів стану відносяться також внутрішня енергія  $U$ , ентальпія  $I$  і ентропія  $S$ , які носять назву калоричних параметрів стану.

Ентальпія, або загальний тепловміст системи, являє собою кількість тепла, необхідного для підвищення температури 1 кг речовини від абсолютного нуля до заданої температури, тобто є функцією температури і тиску [20]. Ентальпія - адитивна функція, тобто ентальпія всієї системи дорівнює сумі ентальпій складових елементів [20]. Ентальпія системи визначається підсумовуванням ентальпій парогазової і рідкої фаз з урахуванням компонентного змісту:

$$I = I_n + I_{жс}, \quad (2.7)$$

де  $I_n$  – ентальпія парової фази ЗВГ, кДж;

$I_{жс}$  – ентальпія рідинної фази ЗВГ, кДж.

Ентальпія парової і рідинної фаз ЗВГ визначається по наступним формулам:

$$I_n = C_{pi} \cdot r_i \cdot t, \quad (2.8)$$

$$I_{жс} = C_{жсi} \cdot r_i \cdot t, \quad (2.9)$$

де  $C_{pi}$  – масова теплоємність компонента і парогазової суміші при постійному тискові, кал/(г·°С);

$C_{жсi}$  – теплоємність компонента і рідкої суміші, кал/(г·°С);

$r_i$  – молярна частка компонента  $i$  в суміші.

Теплоємність рідкої і парової фаз суміші ЗВГ залежить від концентрації компонентів суміші в рідкій та паровій фазах. Теплоємність компонентів пропану і бутану  $C_p$  в рідкому і газоподібному станах в залежності від температури і тиску суміші обрані з довідника [5] і представлені в таблицях 2.6 і 2.7.

Таблиця 2.6 – Теплоємність парової фази пропану, бутану і ЗВГ

Температура $t$ , °С	Теплоємність парової фази пропану $C_p$ , кал/г·°С	Теплоємність парової фази бутану $C_p$ , кал/г·°С	Теплоємність парової фази ЗВГ $C_p$ , кал/г·°С
-35	0,344	-	0,344
-30	0,347	-	0,347
-25	0,364	-	0,364
-20	0,365	-	0,365
-15	0,366	0,361	0,365
-10	0,368	0,366	0,368
-5	0,381	0,371	0,379
0	0,391	0,376	0,388
5	0,401	0,381	0,396
10	0,411	0,386	0,405
15	0,417	0,391	0,411
20	0,435	0,396	0,425
25	0,437	0,401	0,428
30	0,472	0,406	0,450



Таблиця 2.7 – Теплоємність рідкої фази пропану, бутану і ЗВГ

Температура $t$ , °C	Теплоємність парової фази пропану $C_p$ , кал/г·°C	Теплоємність парової фази бутану $C_p$ , кал/г·°C	Теплоємність парової фази ЗВГ $C_p$ , кал/г·°C
-35	-	0,516	0,516
-30	-	0,521	0,521
-25	-	0,525	0,525
-20	-	0,530	0,530
-15	0,545	0,534	0,535
-10	0,550	0,539	0,540
-5	0,556	0,544	0,546
0	0,565	0,549	0,551
5	0,574	0,554	0,557
10	0,587	0,559	0,563
15	0,599	0,565	0,570
20	0,615	0,571	0,578
25	0,631	0,576	0,585
30	0,648	0,581	0,592

Теплоємність парової і рідкої фаз ЗВГ визначається наступним чином:

$$C_p = C_i \cdot r_i, \quad (2.10)$$

де  $C_i$  – теплоємність компонента  $i$  рідкої суміші, кал/(г·°C);

$r_i$  – молярна частка компонента  $i$  в рідкій суміші.

Ентальпія парової і рідкої фаз ЗВГ в баллоне з врахуванням компонентного змісту представлена в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Ентальпія парової і рідкої фаз суміші ЗВГ в балоні

Температура $t$ , °C	Ентальпія парової фази ЗВГ $I_n$ , кДж/кг	Ентальпія рідкої фази ЗВГ $I_{ж}$ , кДж/кг	Ентальпія ЗВГ в балоні $I$ , кДж/кг
1	2	3	4
-35	343,8	515,8	859,6
-30	354,1	531,8	885,9
-25	379,1	546,9	926
-20	387,8	563,2	951

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
-15	395,5	580,2	975,7
-10	406	597	1003
-5	426,4	614,2	1040,6
0	444,5	632	1076,5
5	462,8	650	1113
10	481,5	669,5	1151
15	496,8	689,7	1186,5
20	523,5	711,1	1234,6
25	535,7	731,9	1267,6
30	573,3	753,3	1326,6

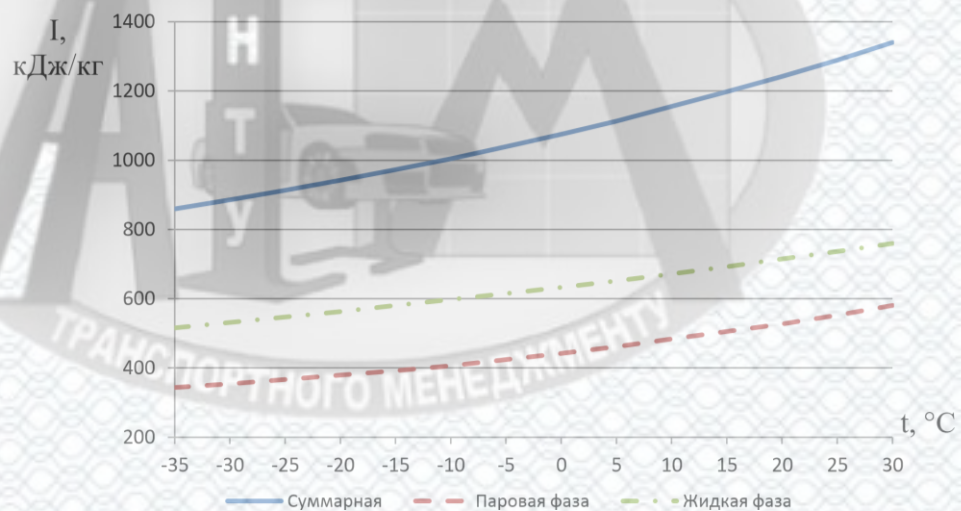


Рисунок 2.6 – Залежність ентальпії ЗВГ від температури навколишнього середовища

Для визначення швидкості потоку ЗВГ в отворі використовується закон збереження енергії адіабатичного процесу. Баланс енергії адіабатичного процесу описується рівнянням Бернуллі:

$$I + \frac{v^2}{2} = I_0 = const, \quad (2.11)$$

де  $v$  – швидкість газу, м/с;

$I$  – ентальпія в перерізі потоку, кДж/кг;

$I_0$  – повна ентальпія газу в балоні, кДж/кг.

З формули (2.11) випливає, що максимальна швидкість потоку досягається в тому випадку, коли ентальпія потоку дорівнює нулю, тобто коли повна ентальпія цілком витрачається на кінетичну енергію переміщення маси газу відповідно до рівняння

$$\frac{v_{\max}^2}{2} = I_0. \quad (2.12)$$

Таким чином, максимально можлива швидкість потоку ЗВГ в отворі визначається як

$$v_{\max} = \sqrt{2I_0}. \quad (2.13)$$

На рисунку 2.7 представлена залежність максимально можливої швидкості потоку ЗВГ від температури.

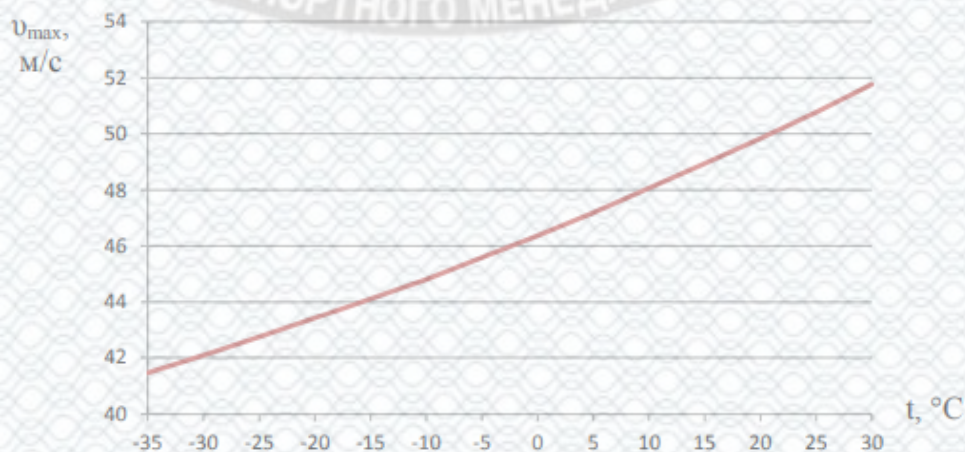


Рисунок 2.7 – Залежність максимально можливої швидкості потоку ЗВГ від температури навколишнього середовища

Мінімально можливий час зливання ЗВГ  $\tau_{\min}$  залежить від об'єму ЗВГ в балоні і визначається з умови постійності витрати через ВЗУ зливання. Мінімальний час розраховується по формулі

$$\tau_{min} = \frac{V}{v_{max} \cdot S}, \quad (2.14)$$

де  $V$  – об'єм ЗВГ в балоні, м<sup>3</sup>;

$S$  – площа перерізу забірної трубки балона, м<sup>2</sup>.

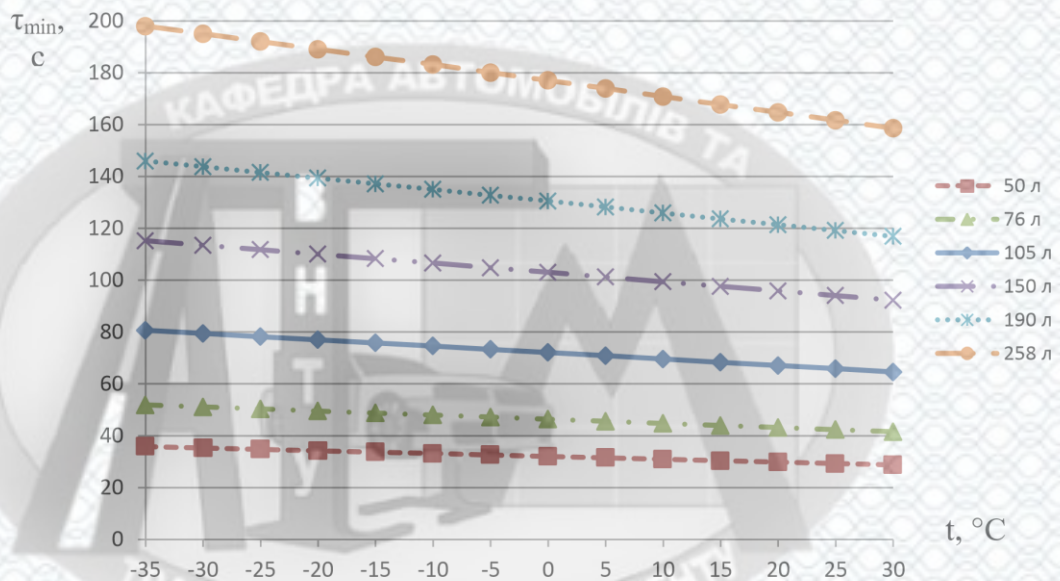


Рисунок 2.8 – Залежність мінімально можливого часу зливання ЗВГ з балонів різного об'єму від температури навколишнього середовища

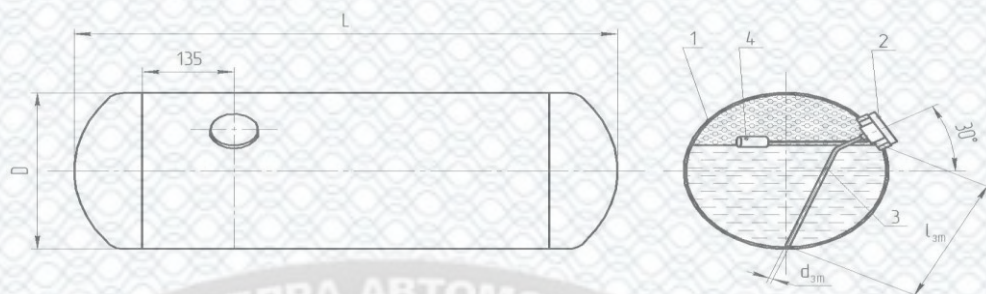
Термодинамічні показники суміші газу дозволяють теоретично визначити максимально можливу швидкість витікання газової суміші і мінімальний час зливання наявного обсягу газу з балона при різній температурі навколишнього середовища.

## 2.5 Математична модель технологічного процесу зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона

Технологічний процес зливання ЗВГ із автомобільного газового балона є досить складним виробничим процесом, що включає технічні, технологічні, екологічні, організаційні та економічні питання. Математична модель

технологічного процесу зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона дозволить оцінити трудомісткість на складові технологічного процесу зливання.

Розглянемо автомобільний газовий балон циліндричної форми (рисунок 2.9).

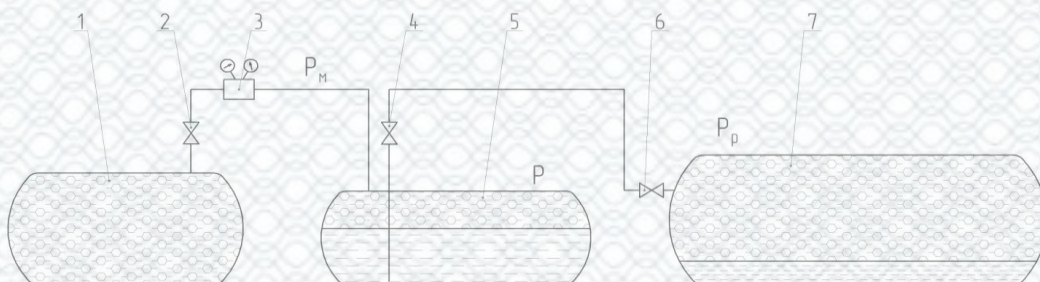


1 – автомобільний газовий балон; 2 – мультиклапан; 3 – заборна трубка; 4 – поплавок;  $D$  – діаметр балона;  $L$  – довжина балона;  $d_{зм}$  – діаметр заборної трубки;  $l_{зм}$  – довжина заборної трубки.

Рисунок 2.9 – Автомобільний газовий балон циліндричної форми

Балон має сферичні днища і обладнаний мультиклапаном, закріпленим під кутом  $30^\circ$  до горизонтальної осі балона, щоб забірна трубка діаметром  $d_{зм}$  і довжиною  $l_{зм}$  перебувала в нижній точці балона. У середині балона тиск  $P$ , тиск напірної магістралі  $P_m$ , тиск в зливному резервуарі  $P_p$ . Протягом часу, поки існує надлишковий тиск в автомобільному газовому балоні  $\Delta p = P_m - P_p$ , існує можливість злити рідку фазу ЗВГ через забірну трубку і магістраль зливання в зливний резервуар.

Функціональна схема витіснення рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона в зливний резервуар представлена на рисунку 2.10.



1 – балон із стисненим природнім газом; 2 – вентиль напорної магістралі; 3 – редуктор понижаючий; 4 – вентиль зливання газу; 5 – автомобільний газовий балон; 6 – вентиль зливного резервуара; 7 – зливний резервуар;  $P_m$  – тиск напорної магістралі;  $P$  – тиск концентрованих парів в балоні;  $P_p$  – тиск в зливному резервуарі.

Рисунок 2.10 – Функціональна схема витіснення рідкої фази ЗВГ

При побудові математичної моделі використовувалися такі припущення:

- протягом усього часу розрахунку рідка фаза в балоні є однозв'язною;
- рідина нетеплопровідна і джерела тепла відсутні;
- рух рідкої фази з автомобільного газового балона в зливний резервуар є сталим;
- термодинамічні процеси, що відбуваються при зливі рідкої фази, є адіабатними.

Згідно закону збереження мас, маса  $M$  рідкої фази ЗВГ, розміщеної в рідкому об'ємі  $V$ , залишається постійною із плином часу, тобто.

$$M = \int_V \rho(x, y, z, t) dV, \quad (2.15)$$

де  $\rho(x, y, z, t)$  – густина рідкої фази, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм рідкої фази, м<sup>3</sup>.

В силу довільності об'єму  $V$  і безперервності підінтегральної функції, отримуємо рівняння безперервності для нестискаємої рідини

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \cdot \operatorname{div} v = 0, \quad (2.16)$$

де  $\frac{d\rho}{dt}$  – похідна від густини по часу;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$\operatorname{div} v$  – дивергенція швидкості рідини.

Рівняння Бернуллі є закон збереження енергії для рідини, що рухається: сумарна енергія рідини в початковому перерізі (потенційна плюс кінетична) дорівнює сумарній енергії рідини в кінцевому перетині плюс втрати енергії.

Закон руху і збереження енергії для реальної нетеплопровідної рідини описується рівнянням Бернуллі [19]

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + h_{1-2}, \quad (2.17)$$

де  $z_1$  і  $z_2$  – висоти центрів ваги перерізів відносно площини відліку 0-0, м;  
 $p_1$  і  $p_2$  – абсолютний тиск в центрах ваги перерізів, Па;  
 $\rho$  – густина рідкої фази ЗВГ, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – коефіцієнти Коріоліса;  
 $v_1$  і  $v_2$  – середні швидкості в перерізах, м/с;  
 $h_{1-2}$  – втрати напору при русі рідкої фази ЗВГ від першого до другого перерізу, м.

Середні швидкості в перерізах

$$v_1 = \frac{Q}{S_1}, \quad (2.18)$$

$$v_2 = \frac{Q}{S_2}, \quad (2.19)$$

де  $Q$  – витрата в перерізі трубопроводу, м<sup>3</sup>/с;

$S_1$  – площа трубопроводу в поперечному перерізі 1-1, м<sup>2</sup>.

$S_2$  – площа трубопроводу в поперечному перерізі 2-2, м<sup>2</sup>.

Площа трубопроводу в поперечному перерізі

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2.20)$$

де  $d$  – діаметр трубопроводу, м.

При русі рідини в прямих трубах постійного перерізу виникають втрати енергії на тертя по довжині. Ці втрати обумовлені внутрішнім тертям в рідині, і тому мають місце не тільки в шорстких, але і в гладких трубах.

Втрати напору  $h_{1-2}$  визначаються так:

$$h_{1-2} = h_{\text{дл}} + \sum h_m, \quad (2.21)$$

де  $h_{\text{дл}}$  – втрати напору на тертя по довжині потоку, м;

$\sum h_m$  – втрати на місцеві гідравлічні опори, м.

По формулі Дарсі-Вейсбаха втрати на тертя по довжині трубопроводу визначаються наступним чином:

$$h_{\text{дл}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{Q^2}{S^2 \cdot 2 \cdot g}, \quad (2.22)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного тертя, або коефіцієнт Дарсі;

$v$  – середня швидкість в перерізі трубопроводу, м/с;

$l$  – довжина трубопроводів, м;

$d$  – діаметр поперечного перерізу трубопроводу, м;

$S$  – площа поперечного перерізу трубопроводу, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт тертя при турбулентному режимі

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta_\epsilon}{d} \right)^{0,25}, \text{ при } \alpha = 1, \quad (2.23)$$

де  $\Delta_\epsilon$  – еквівалентна шорсткість поверхні трубопроводу, мм.



Місцеві втрати енергії обумовлені місцевими гідравлічними опорами, тобто місцевими змінами форми і розміру русла, що викликають деформацію потоку [40].

Втрати напору в місцевих опорах визначають за формулою Вейсбаха [40]:

$$h_m = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \xi \cdot \frac{Q^2}{S^2 \cdot 2 \cdot g}, \quad (2.24)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт втрат, залежить від виду і конструктивного виконання місцевого опору, стан внутрішньої поверхні.

Якщо між перетинами потоку розташовано багато місцевих опорів і відстань між ними більше довжини їх взаємного впливу, то місцеві втрати напору сумуються:

$$\sum h_m = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{Q^2}{S^2 \cdot 2 \cdot g}. \quad (2.25)$$

Для зниження втрат в місцевих опорах необхідно забезпечити найменшу кількість зон деформації потоку по довжині магістралі.

Таким чином, технологічний процес зливання ЗВГ із автомобільного балона описується за допомогою системи рівнянь

$$\begin{cases} M = \int_V \rho(x, y, z, t) dV \\ \frac{d\rho}{dt} + \rho \cdot \text{div}v = 0 \\ z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + h_{1-2} \end{cases} \quad (2.26)$$

і наступних обмежень:

- режим руху рідини в зливній магістралі – турбулентний,  $Re > Re_{кр}$  ;
- температура експлуатації газобалонного автомобіля  $-35 \leq t \leq +30^\circ C$ ;
- компонентний склад ЗВГ – 54% пропану, 46% бутану;
- тиск напірної магістралі  $P_m = 1,6$  МПа.

Таким чином, система рівнянь (2.26) і накладені на неї обмеження становитимуть математичну модель технологічного процесу зливання газу з автомобільного газового балона [26].

## 2.6 Алгоритм визначення параметрів технологічного процесу зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільного газового балона

Визначимо втрати напору по довжині магістралі зливання

$$h_{ол} = h_{олзт} + h_{ол1} + h_{ол2}, \quad (2.27)$$

де  $h_{олзт}$  – втрати напору по довжині забірної трубки, м;

$h_{ол1}$  – втрати напору по довжині розхідної магістралі до трійника, м;

$h_{ол2}$  – втрати напору по довжині магістралі зливання, м.

Виходячи із формулы (2.22), втрати по довжині забірної трубки визначаються наступним чином:

$$h_{олзт} = \lambda_{зт} \cdot \frac{l_{зт}}{d_{зт}} \cdot \frac{Q^2}{S_{зт}^2 \cdot 2 \cdot g}, \quad (2.28)$$

де  $\lambda_{зт}$  – коефіцієнт гідравлічного тертя забірної трубки, або коефіцієнт Дарсі;

$Q$  – витрата в перерізі трубопроводу, м<sup>3</sup>/с;

$l_{зт}$  – довжина забірної трубки, м;

$d_{zm}$  – діаметр поперечного перерізу забірної трубки, м;

$S_{zm}$  – площа поперечного перерізу забірної трубки, м<sup>2</sup>.

Параметри забірної трубки визначені конструктивно і залежать від типу і об'єму балона.

Втрати по довжині магістралі

$$h_{\text{от1}} = \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{Q^2}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g}, \quad (2.29)$$

де  $\lambda_1$  – коефіцієнт Дарсі витратної магістралі;

$l_1$  – довжина магістралі до трійника, м;

$d_1$  – діаметр магістралі до трійника, м;

$S_1$  – площа перерізу магістралі до трійника, м<sup>2</sup>.

Втрати по довжині зливної магістралі

$$h_{\text{от2}} = \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g}, \quad (2.30)$$

де  $\lambda_2$  – коефіцієнт Дарсі зливної магістралі;

$l_2$  – довжина зливної магістралі, м;

$d_2$  – діаметр зливної магістралі, м;

$S_2$  – площа перерізу зливної магістралі, м<sup>2</sup>.

Відповідно до формули (2.23), коефіцієнти Дарсі забірної трубки, витратної магістралі і зливної магістралі відповідно будуть

$$\lambda_{zm} = 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta_\epsilon}{d_{zm}} \right)^{0,25}; \quad (2.31)$$

$$\lambda_1 = 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta \epsilon}{d_1} \right)^{0,25}; \quad (2.32)$$

$$\lambda_2 = 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta \epsilon}{d_2} \right)^{0,25}. \quad (2.33)$$

Загальні втрати напору по довжині магістралі

$$h_{\text{дл}} = \lambda_{\text{зм}} \cdot \frac{l_{\text{зм}}}{d_{\text{зм}}} \cdot \frac{Q^2}{S_{\text{зм}}^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{Q^2}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g}. \quad (2.34)$$

Загальні втрати напору

$$h_{1-2} = \lambda_{\text{зм}} \cdot \frac{l_{\text{зм}}}{d_{\text{зм}}} \cdot \frac{Q^2}{S_{\text{зм}}^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{Q^2}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g} + \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g}. \quad (2.35)$$

Так як рідинна фаза ЗВГ в магістралі рухається під дією надлишкового тиску, а не самотьком, то висотами центрів ваги можна знехтувати.

Коефіцієнти Коріоліса  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$  (режим руху рідини турбулентний).

Підставимо визначені вище величини в рівняння Бернуллі (2.17) і отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 \cdot Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_{\text{зм}} \cdot \frac{l_{\text{зм}}}{d_{\text{зм}}} \cdot \frac{Q^2}{S_{\text{зм}}^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{Q^2}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g} + \\ + \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g} + \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{Q^2}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g}. \end{aligned} \quad (2.36)$$

Приведемо подібні члени і отримаємо рівняння витрати рідини:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} = Q^2 \left( \frac{\alpha_2 \cdot}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g} - \frac{\alpha_1}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_{3m} \cdot \frac{l_{3m}}{d_{3m} \cdot S_{3m}^2 \cdot 2 \cdot g} + \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1 \cdot S_1^2 \cdot 2 \cdot g} + \right. \\ \left. + \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2 \cdot S_2^2 \cdot 2 \cdot g} + \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{1}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g} \right); \quad (2.37)$$

$$Q^2 = \frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g \left( \lambda_{3m} \cdot \frac{l_{3m}}{d_{3m} \cdot S_{3m}^2 \cdot 2 \cdot g} + \frac{1}{S_1^2 \cdot 2 \cdot g} \left( \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} - \alpha_1 \right) + \frac{1}{S_2^2 \cdot 2 \cdot g} \left( \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} + \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \xi_i \right) \right)}; \quad (2.38)$$

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho \cdot \lambda_{3m} \cdot \frac{l_{3m}}{d_{3m} \cdot S_{3m}^2 \cdot 2} + \frac{\rho}{S_1^2 \cdot 2} \left( \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} - \alpha_1 \right) + \frac{\rho}{S_2^2 \cdot 2} \cdot \left( \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} + \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \xi_i \right)}}; \quad (2.39)$$

Час зливання рідинної фази ЗВГ  $\tau_{жс}$  залежить від її маси в балоні і визначається із умови постійності витрати через ВЗУ зливання. Час  $\tau_{жс}$  можливо визначити по формулі

$$\tau_{жс} = \frac{M_{жсф}}{Q \cdot \rho}, \quad (2.40)$$

де  $M_{жсф}$  – маса рідкої фази ЗВГ в автомобільному газовому балоні, кг.

На підставі проведеного аналізу залежностей параметрів стану ЗВГ і конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ побудований лінійний алгоритм визначення часу зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона (рисунок 2.11).

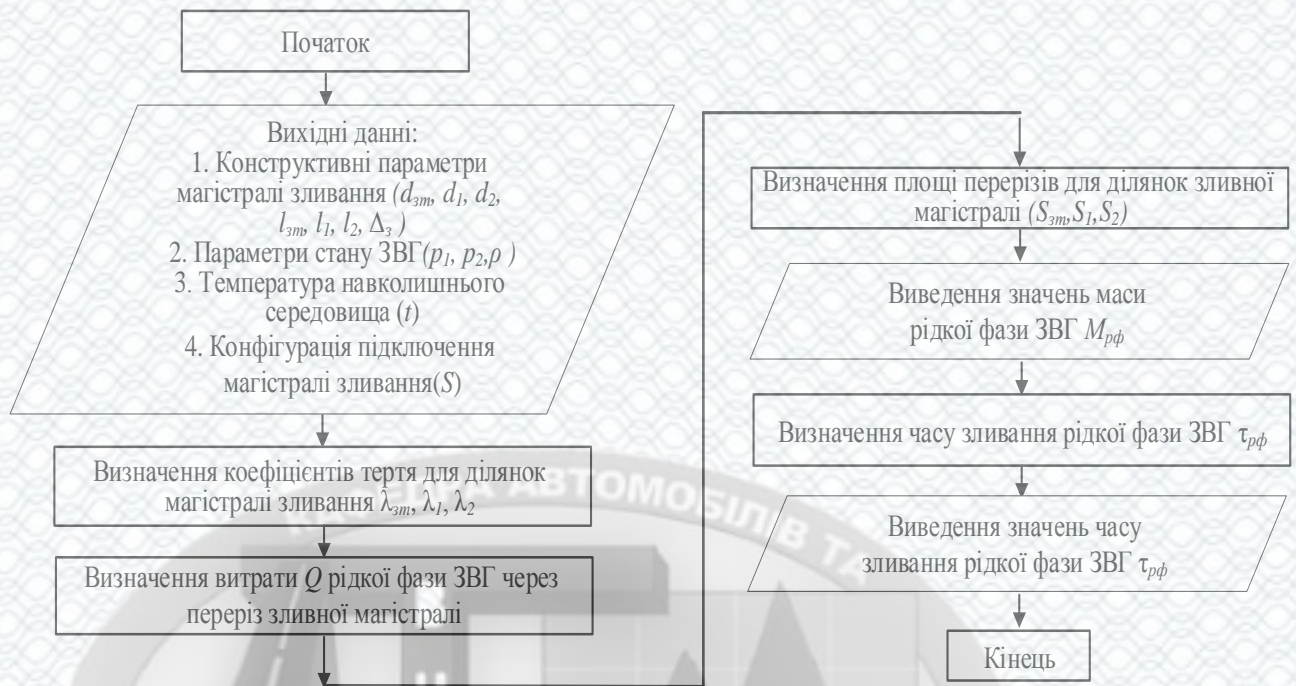


Рисунок 2.11 – Алгоритм визначення часу зливання рідкої фази ЗВГ із автомобільного газового балона при заданих конструктивних параметрах магістралі зливання ЗВГ і заданих параметрах стану ЗВГ

Представлений алгоритм складається із восьми блоків. Після початку роботи алгоритму в блок 2 вводяться значення:

1. Конструктивні параметри зливної магістралі, до яких відносяться: діаметр заборної трубки  $d_{зм}$ , діаметр витратної магістралі  $d_1$ , діаметр зливної магістралі  $d_2$ , довжина заборної трубки  $l_{зм}$ , довжина магістралі до трійника  $l_1$ , довжина зливної магістралі  $l_2$ , еквівалентна шорсткість поверхні трубопроводу  $\Delta_\epsilon$ .
2. Параметри стану ЗВГ: тиск насичених парів ЗВГ в балоні  $p$ ; густина рідкої фази ЗВГ  $\rho$ .
3. Температура навколишнього середовища  $t$ .
4. Кількість місцевих опорів і значення коефіцієнта втрат для цих опорів  $\xi_i$ .

В блоці 3 по формулам (2.31) – (2.33) визначаються коефіцієнти Дарсі заборної трубки  $\lambda_{зм}$ , витратної магістралі  $\lambda_1$  і магістралі зливання  $\lambda_2$ .

В блоці 4 по формулі (2.39) визначають витрату рідкої фази ЗВГ через переріз зливної магістралі  $Q$ .

В блоці 5 по формулі (2.20) визначаються площі перерізів заборної трубки  $S_{zm}$ , витратної магістралі  $S_1$  і зливної магістралі  $S_2$ .

В блоці 6 вводиться значення маси рідкої фази ЗВГ в балоні  $M_{жф}$ .

В блоці 7 по формулі (2.40) визначається час зливу рідкої фази ЗВГ  $\tau_{жс}$ .

В блоці 8 виводиться значення часу зливання рідкої фази ЗВГ  $\tau_{жс}$ .

В блоці 9 алгоритм закінчує роботу.

Розглянемо приклад визначення часу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона за допомогою розробленого алгоритму.

Введемо вихідні данні:

- діаметр заборної трубки  $d_{zm}=6$  мм;
- діаметр магістралі до трійника  $d_1=6$  мм;
- діаметр трубки зливної магістралі  $d_2=6$  мм;
- довжина заборної трубки  $l_{zm} = 200$  мм;
- довжина магістралі до трійника  $l_1 = 200$  мм;
- довжина зливної магістралі  $l_2 = 1400$  мм;
- еквівалентна шорсткість поверхні трубопроводу для нових труб із кольорових металів  $\Delta_c = 0,01$  мм.

- тиск напорної магістралі  $p_1=1,6$  МПа;

- тиск насичених парів ЗВГ в зливному резервуарі  $p_2=0,072$  МПа;

- густина рідкої фази ЗВГ  $\rho=0,601$  кг/м<sup>3</sup>;

- температура навколишнього середовища мінус 35 °С;

- конфігурація підключення зливної магістралі: коефіцієнт втрат

$$\xi_{\text{коліно}} = 1,32, \xi_{\text{вентиль}} = 3.$$

Коефіцієнт тертя заборної трубки

$$\lambda_{zm} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,01}{6} \right)^{0,25} = 0,022.$$

Коефіцієнт тертя магістралі до трійника

$$\lambda_1 = 0,11 \cdot \left( \frac{0,01}{6} \right)^{0,25} = 0,022.$$

Коефіцієнт тертя зливної магістралі

$$\lambda_2 = 0,11 \cdot \left( \frac{0,01}{6} \right)^{0,25} = 0,022.$$

Площі перерізу заборної трубки, витратної магістралі і зливної магістралі

$$S_{zm} = S_1 = S_2 = \frac{3,14 \cdot 0,006^2}{4} = 28,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Витрата рідинної фази ЗВГ через переріз зливної магістралі

$$Q = \sqrt{\frac{(1,6 - 0,072) \cdot 10^6}{0,601 \cdot 0,022 \cdot \frac{0,2}{2 \cdot 0,006 \cdot (28,26 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{0,601}{2 \cdot (28,26 \cdot 10^{-6})^2} \left( 0,022 \cdot \frac{0,2}{0,006} - 1 \right) + \frac{0,601}{2 \cdot (28,26 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \left( 0,022 \cdot \frac{1,4}{0,006} + 1 + 1,32 + 3 \right)}} = 6,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Час зливання рідкої фази ЗВГ масою 20 кг

$$\tau_{жс} = \frac{20}{6,8 \cdot 10^{-2} \cdot 0,601} = 489 \text{ с} = 8,1 \text{ хв}.$$

2.6.1 Закономірності впливу параметрів стану газу і конструктивних параметрів зливної магістралі на параметри технологічного процесу зливання

Для виявлення закономірностей зміни часу зливання різної маси рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона від температури навколишнього середовища скористаємося розробленим алгоритмом.

З експериментальних досліджень виявлено, що найбільш поширений склад ЗВГ, що відпускається з автомобільного транспорту на АГЗС, має такі масові частки основних компонентів: пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$  - 54%, бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  - 46%.

Час зливання рідкої фази ЗВГ з найбільш поширених автомобільних газових балонів, представлено в таблиці 2.9.



Таблиця 2.9 - Час зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільних газових балонів різного об'єму  $\tau_{ж}$ , хв

Температура t, °C	об'єм автомобільного газового балона, л					
	50	76	105	150	190	258
-35	10,2	14,8	23,0	32,8	41,6	56,4
-30	10,1	14,6	22,7	32,4	41,1	55,7
-25	9,9	14,4	22,4	32,0	40,5	55,0
-20	9,8	14,2	22,1	31,5	39,9	54,2
-15	9,7	14,0	21,7	31,0	39,3	53,3
-10	9,5	13,8	21,4	30,5	38,7	52,5
-5	9,4	13,5	21,1	30,1	38,1	51,7
0	9,2	13,3	20,7	29,6	37,5	50,9
5	9,1	13,1	20,4	29,1	36,9	50,0
10	8,9	12,9	20,0	28,6	36,2	49,1
15	8,7	12,7	19,7	28,1	35,6	48,3
20	8,6	12,4	19,3	27,5	34,9	47,3
25	8,4	12,1	18,9	27,0	34,2	46,4
30	8,2	11,9	18,5	26,4	33,5	45,4

Отримані розрахунковим шляхом закономірності зміни часу зливання рідкої фази ЗВГ при зміні температури навколишнього середовища для різних обсягів автомобільних газових балонів представлені на рисунку 2.12.

З отриманих закономірностей видно, що з підвищенням температури час зливання рідкої фази ЗВГ зменшується. Це пояснюється тим, що при підвищенні температури навколишнього середовища щільність ЗВГ знижується, відповідно зменшуються втрати на тертя рідини об стінки магістралі зливання і збільшується швидкість витікання рідини через поперечний переріз магістралі. Отримані залежності є лінійними.

Для зменшення часу зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона необхідно забезпечити найменшу кількість зон деформації потоку по довжині магістралі зливання, встановлювати трійник магістралі максимально

близько до мультиклапана і забезпечити найменшу довжину магістралі зливання, виходячи з конструктивних особливостей автомобіля і місця установки автомобільного газового балона.

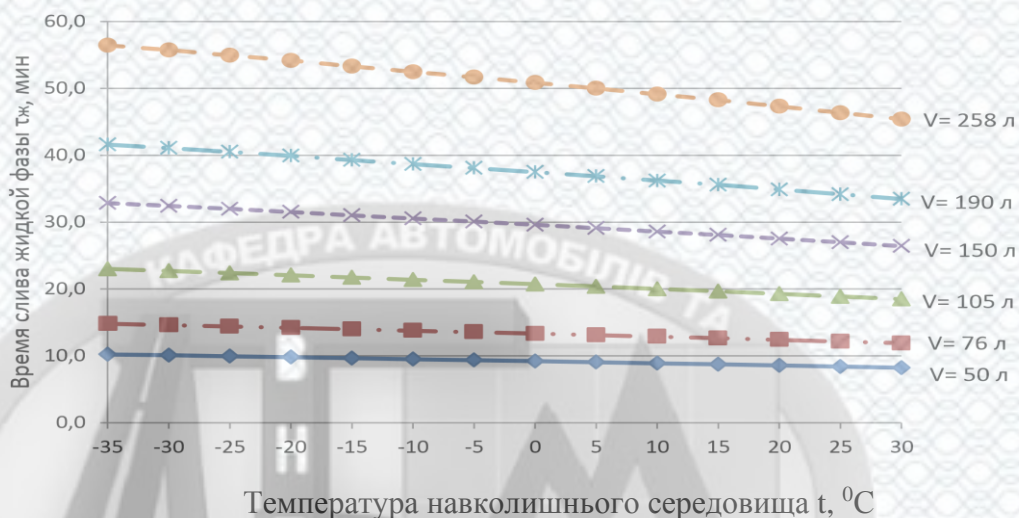


Рисунок 2.12 – Залежність часу зливання рідкої фази ЗВГ з балонів різного об'єму від температури навколишнього середовища

Таким чином, розроблені математична модель і алгоритм дозволяють визначати час зливання ЗВГ із автомобільного газового балона в залежності від конструктивних параметрів магістралі зливання і параметрів стану ЗВГ.

## 2.7 Висновки до розділу 2

1. Визначено необхідність зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів в технологічних процесах ТО і ремонту ГБА.
2. Розроблено комплекс взаємопов'язаних технічних рішень щодо забезпечення безпечного зливання ЗВГ із автомобільного газового балона при технічній експлуатації ГБА.
3. Розроблено математичну модель, що дозволяє визначати час зливання ЗВГ із автомобільного газового балона, в залежності від конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ і параметрів стану ЗВГ.

4. Встановлено закономірність впливу параметрів стану ЗВГ на параметри технологічного процесу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона з мультиклапаном.

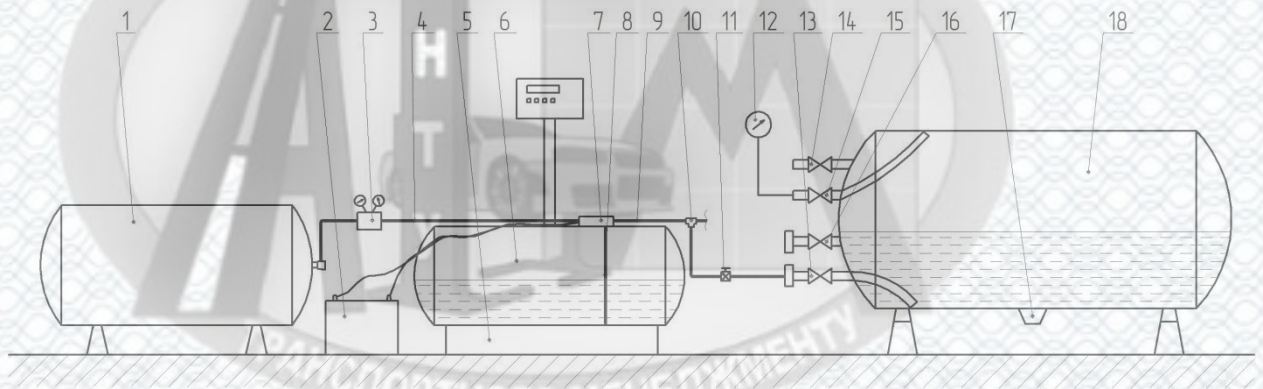
5. Встановлено закономірність впливу конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ на параметри технологічного процесу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона з мультиклапаном.

Для перевірки результатів теоретичних досліджень необхідно провести експериментальні дослідження технологічного процесу зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона.



### РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗЛИВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ З АВТОМОБІЛЬНОГО ГАЗОВОГО БАЛОНА

Для перевірки теоретично обґрунтованих параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона були проведені експериментальні випробування. Для проведення випробувань виготовлена експериментальна установка, принципова схема якої представлена на рисунку 3.1.



1 – балон із стисненим природним газом; 2 – акумуляторна батарея; 3 – редуктор ДКП-1-65; 4 – нагнітальна магістраль; 5 – ваги напольні «МІДЛ»-П 150; 6 – автомобільний газовий балон об’ємом 50 л; 7 – мультиклапан; 8 – заборна трубка; 9 – зливна магістраль ЗВГ; 10 – трійник зі швидкісним клапаном; 11 – вентиль зливання газу; 12 – манометр; 13 – вентиль рідкої фази; 14 – вентиль максимального наповнення; 15 – вентиль парової фази; 16 – вентиль заправочний; 17 – зливна пробка; 18 – зливний резервуар об’ємом 130 л.

Рисунок 3.1 – Принципова схема експериментальної установки

Завданнями експериментів є:

- оцінка працездатності розробленого варіанту поста зливання ЗВГ і магістралі зливання газу ЗВГ з автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном;

- дослідження змін параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ від температури навколишнього середовища.

Для перевірки результатів теоретичних досліджень параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ (зміна маси рідкої фази ЗВГ і часу

зливання ЗВГ від температури навколишнього середовища) необхідно визначити експериментально:

1. Залежність відносної маси рідкої фази ЗВГ, що зливається з автомобільного газового балона, від часу зливання.

2. Залежність зміни часу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона від температури навколишнього середовища.

Для перевірки результатів теоретичних досліджень параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ (зміна маси рідкої фази ЗВГ і часу зливання ЗВГ від температури навколишнього середовища) необхідно визначити експериментально:

1. Залежність відносної маси рідкої фази ЗВГ, що зливається з автомобільного газового балона, від часу зливання.

2. Залежність зміни часу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона від температури навколишнього середовища. Для вирішення завдань експериментальних досліджень необхідно:

1. Розробити та виготовити пост зливання ЗВГ і магістраль зливання ЗВГ із автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном.

2. Розробити методику випробувань виготовленого поста зливання ЗВГ і магістралі зливання ЗВГ із автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном.

3. Провести випробування розробленого варіанту поста зливання ЗВГ.

4. Провести статистичну обробку результатів випробувань.

### 3.1 Об'єкт експериментальних досліджень

Для дослідження параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ була розроблена експериментальна установка, що включає пост зливання ЗВГ із автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном і магістраллю зливання ЗВГ. Принципова схема і загальний вид експериментальної установки представлені на рисунку 3.1, 3.2.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментальної установки

Експериментальна установка складається з системи витіснення ЗВГ, системи зливання ЗВГ в резервуар і системи зберігання ЗВГ. Система витіснення ЗВГ включає в себе балон зі стисненим природним газом 1 об'ємом 50 літрів, понижуючий газовий редуктор 3, напірну магістраль у вигляді мідної трубки діаметром 8 мм. Система зливання ЗВГ має магістраль зливання ЗВГ 9 з мідної трубки діаметром 6 мм, що сполучає мультиклапан 7 і вентиль рідкої фази 13 зливного резервуара 18. Магістраль зливання ЗВГ підключена до видаткової магістралі через трійник зі швидкісним клапаном 10 і має вентиль зливання газу 11. Система зберігання ЗВГ складається з резервуара 18, в якості якого запропонований автомобільний газовий балон місткістю від 130 л з ЗПА у вигляді окремих вентилів на днищі і контрольного манометра 12.

### 3.2 Застосовувана вимірювальна апаратура і визначення похибки вимірювань

Для оцінки працездатності поста зливання ЗВГ і магістралі зливання ЗВГ із автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном, були проведені випробування.

Для кількісного визначення компонентного складу ЗВГ застосовувався хроматограф АХТ-СЖ (рисунок 3.3). Компонентний склад ЗВГ в експериментальній установці в масових частках % мас:  $\text{CH}_4 = 1,51$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 2,48$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 50$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 27,1$ ;  $\text{C}_5\text{H}_{12} = 15,4$ ;  $\text{C}_6\text{H}_{14} = 1,5$ ;  $\text{CH}_3\text{SH} = 1,1$ ;  $\text{H}_2\text{S} = 0,8$ . У подальших розрахунках приймемо склад ЗВГ:  $\text{C}_3\text{H}_8 = 54\%$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 46\%$ .



Рисунок 3.3 – Хроматограф газовий АХТ-СЖ

Для вимірювання температури навколишнього середовища застосовувався лабораторний електронний термометр ЛТ-300 (рисунок 3.4).

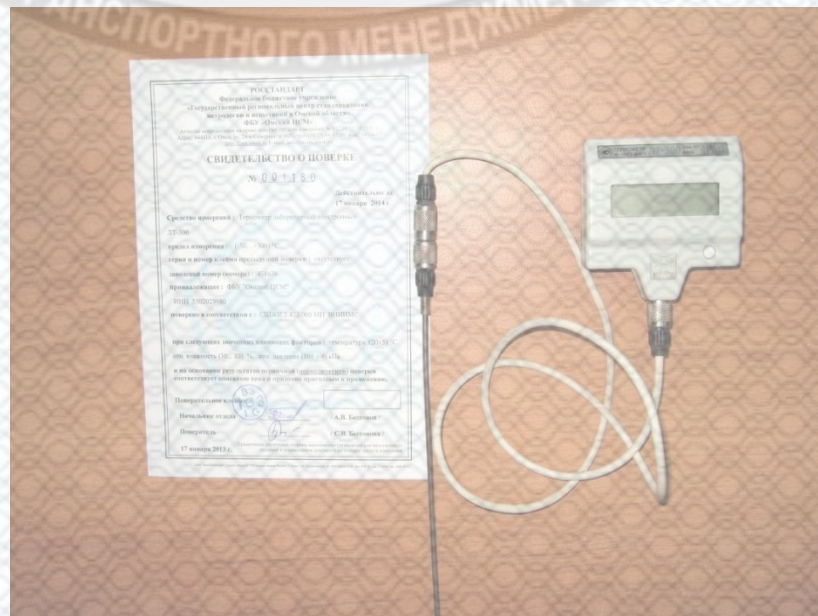


Рисунок 3.4 – Термометр лабораторний електронний ЛТ-300

Технічні характеристики термометра представлені в таблиці 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики лабораторного электронного термометра ЛТ-300

Параметр	Значения
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...+300
Граница допустимой абсолютной погрешки измерения температуры, °С: - в диапазоне -50,00...+199,99 °С - в диапазоне +200,0...+300,0 °С	±0,05 ±0,2
Цена единицы младшего разряда измеривальной температуры, °С: - диапазоне -50,00...+199,99 °С - диапазоне +200,0...+300,0 °С	±0,01 ±0,1

Для измерения продолжительности заливки ЗВГ использовался секундомер механический СОПр-2а-2-000 (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Секундомер механический СОПр-2а-2-000



Секундомір механічний однострілочний простої дії з перервною роботою часового механізму СОПпр-2а-2-000 призначений для вимірювання інтервалів часу.

Основні технічні характеристики секундоміра механічного СОПпр-2а-2-000 представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики секундоміра механічного СОПпр-2а-2-000

Параметр	Значення
Ємність шкали: секундної, с	60
хвилинною, хв	30
Ціна поділки шкали: секундної, с	0,2
хвилинної, хв	1
Допустима похибка, с	$\pm 1,0$
Клас точності	0,2 s
Діапазон робочих температур, °С	-40÷40
Строк енергетичної автономності, год, не менше	18

Для визначення тиску парів ЗВГ в зливному резервуарі використовувався манометр точних вимірів типу МТІ-1216. Технічні характеристики манометра представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики манометра точних вимірів МТІ-1216

Параметр	Значення
Температура навколишнього середовища, °С	-50 до +60
Діапазон показів, МПа	0 до 2,5
Ціна поділки, МПа	0,02
Клас точності	0,6

Для зниження тиску стиснутого природного газу, що відбирається із балона, і автоматичного підтримання цього тиску в нагнітальній магістралі незмінно використовувався редуктор кисневий ДКП-1-65, технічні характеристики якого представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики редуктора кисневого ДКП-1-65

Параметр	Значення
Максимальний тиск газу на вході, МПа	25
Робочий тиск, МПа	0,1 до 2,5
Витрата газу, м <sup>3</sup> /ч	7,5 до 60
Ціна поділки, МПа	0,1
Клас точності	4,0

Для визначення швидкості переміщення рідкої фази ЗВГ із автомобільного газового балона необхідно визначити масу рідкої фази ЗВГ, що перетікає із балона в зливний резервуар. Для цього в експериментальній установці використовувались електронні ваги МІДЛ-П 150. Технічні характеристики ваг представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика електронних тензометричних ваг МІДЛ-П 150

Параметр	Значення
Діапазон показників, кг	0 до 150
Ціна поділки, г	20
Похибка, г, при межах зважування:	
від 0 до 10 кг	±10
від 10 до 40 кг	±20
від 40 до 150 кг	±30

Оцінка похибок отриманих результатів є невід'ємною частиною експериментальної роботи.

Похибка вимірювання - оцінка відхилення виміряного значення величини від її справжнього значення. Похибка вимірювання є характеристикою (мірою) точності вимірювання [13].

В ході експериментальних досліджень проводились фізичні прямі вимірювання. У завдання експериментатора крім вимірювання шуканої величини входить оцінка похибки отриманого результату [13].

При проведенні експериментів по визначенню величини тиску ЗВГ, маси рідкої фази ЗВГ, що перетікає з балона в зливний резервуар, температури

навколишнього середовища, часу зливання ЗВГ на результат вимірювань вплив здійснили випадкові і систематичні похибки.

Засоби вимірювання і вимірювані параметри представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Вимірювальні параметри і засоби вимірювання

Параметр	Засоби вимірювання	Межі вимірювання	Похибка
Температури навколишнього середовища	Лабораторний електронний термометр ЛТ-300	-50÷300 °С	±0,05 °С
Тривалість зливання рідкої фази ЗВГ	Секундомір механічний СОПпр-2а-2-000	0÷3600 с	±1 с
Тиск природного газу в напірній магістралі	Редуктор ДКП-1-65	0÷2,5 МПа	±0,1 МПа
Тиск парів в зливному резервуарі	Еталонний манометр МПІ-1216	0÷2,5 МПа	±0,01 МПа
Маса ЗВГ в автомобільному газовому балоні	Електронні ваги МІДЛ-П 150	0÷150 кг	±20 г

Систематична похибка - складова похибка вимірювання, що залишається постійною або закономірно змінюється при повторних вимірах однієї і тієї ж величини [34]. До систематичної похибки в нашому випадку відносяться: похибки секундоміра, термометра, манометра, редуктора, ваг.

Випадкова похибка - складова похибка вимірювання, що змінюється випадковим чином при повторних вимірах однієї і тієї ж величини [2, 13]. До випадкової похибки в нашому випадку відноситься неточність, яка виникла з вини осіб, які проводять експеримент. Основним способом зменшення випадкових похибок є багаторазовий вимір однієї і тієї ж фізичної величини [13].

Зробимо розрахунок вибіркової сукупності вимірювань, отриманих при проведенні експерименту [34].

У елементарної теорії помилок, розробленої Гауссом, мірою випадкової похибки окремого вимірювання є різниця між середньоквадратичним значенням вимірюваної величини і конкретним виміром значення [34].

Для підвищення точності спостережень експериментів, вони повторювалися кілька разів в залежності від їх відтворюваності. Обробка отриманих результатів здійснювалася з використанням методики, заснованої на законах математичної статистики [34, 39]. Після проведення експериментів обчислювалося середнє арифметичне значення окремих спостережень  $y$ .

$$y = \frac{\sum_{i=1}^u y_i}{u}, \quad (3.1)$$

де  $y_i$  – результат окремого спостереження;

$u$  – число повторів дослідів.

Крім того, визначалось значення вибіркової дисперсії помилок вимірювань  $S_u^2$  по формулі

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^u (y_i - y)^2}{u - 1}. \quad (3.2)$$

Середня квадратична помилка  $S_u$  визначалась з наступного виразу:

$$S_u = \sqrt{S_u^2}. \quad (3.3)$$

Допустимі відхилення середнього арифметичного  $\Delta y$  від істинного значення вимірюваної величини  $y$  визначалось по формулі

$$\Delta y = \pm \frac{t^* \cdot S_u}{\sqrt{u}}, \quad (3.4)$$

де  $t^*$  – критерій Стьюдента.

Значення критерію Стьюдента визначалось по таблиці з джерела [2].

### 3.3 Методика випробувань

Перед проведенням експериментальних досліджень в автомобільний газовий балон був заправлений ЗВГ масою 21,4 кг. На редукторі ДКП-1-65, вмонтованому в напірну магістраль від балона з природним газом, встановлювалося вихідний тиск 1,6 МПа. Експеримент проводився в такий спосіб. Автомобільний газовий балон знаходився на відкритому повітрі протягом 3 годин. Перед початком експерименту фіксувалися температура навколишнього повітря за допомогою термометра ЛТ-300, тиск ЗВГ в резервуарі за допомогою манометра МТІ-1216, маса заправленого автомобільного газового балона за допомогою ваг МІДЛ-П 150. Далі відкривалися вентиль рідкої фази зливного резервуара, вентиль магістралі зливання ЗВГ, видатковий вентиль мультиклапана автомобільного газового балона, заправний вентиль мультиклапана і видатковий вентиль балона з природним газом. Потім підводилося електроживлення до електромагнітного клапану, і починався процес зливання ЗВГ із автомобільного газового балона. Через кожні 30 секунд, виходячи з виміри часу СОПр-2-010, проводилися виміри маси автомобільного газового балона.

Процес зливання рідкої фази ЗВГ з автомобільного газового балона спостерігався за показаннями манометра МТІ-1216 на зливному резервуарі. Момент зростання тиску фіксувався цим манометром, що говорило про повне зливання рідкої фази і необхідність припинення подачі природного газу.

Експеримент проводився з автомобільним газовим балоном обсягом 50 л і масою 24,5 кг, заповненому ЗВГ на 85% при температурі навколишнього середовища від плюс 9,48 до плюс 10,56 °С і від мінус 12,64 до мінус 11,26 °С.

Перед випробуванням були встановлені граничні умови:

- обсяг автомобільного газового балона - 50 л;
- обсяг зливного резервуара - 130 л;
- обсяг балона з природним газом - 50 л;
- діаметр трубки напірної магістралі - 8 мм;
- довжина напірній магістралі - 2000 мм;

- діаметр забірної трубки - 6 мм; - довжина забірної трубки - 200 мм;
- діаметр трубки зливний магістралі - 6 мм;
- довжина зливний магістралі - 1600 мм;
- компонентний склад ЗВГ - 54% пропану, 46% бутану; - маса ЗВГ - 21,4 кг.

### 3.4 Результати випробувань

В результаті проведеного експерименту були отримані дані про залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання ЗВГ.

У таблицях 3.7 і 3.8 представлені результати вимірів досліджуваних параметрів.

Таблиця 3.7 – Результати вимірювань маси ЗВГ в балоні при температурі від плюс 9,48 до плюс 10,56 °С

Температура середовища t, °С					Маса ЗВГ в балоні m, кг					Час зливання τ, хв
№ експерименту					№ експерименту					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9,66	9,55	10,49	9,58	9,76	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	0
9,65	9,48	10,48	9,54	9,79	20,31	20,46	20,14	20,38	20,25	0,5
9,59	9,51	10,50	9,53	9,75	19,25	19,41	19,07	19,37	19,18	1
9,62	9,55	10,47	9,55	9,78	18,16	18,29	17,99	18,19	18,10	1,5
9,64	9,54	10,53	9,59	9,79	17,01	17,15	16,85	17,03	16,97	2
9,69	9,53	10,51	9,60	9,80	15,75	15,92	15,58	15,84	15,74	2,5
9,67	9,56	10,50	9,62	9,81	14,54	14,66	14,31	14,61	14,42	3
9,64	9,57	10,52	9,62	9,77	13,19	13,32	13,06	13,26	13,16	3,5
9,63	9,54	10,56	9,61	9,78	11,76	11,96	11,68	11,84	11,71	4
9,66	9,57	10,51	9,59	9,79	10,47	10,59	10,30	10,55	10,43	4,5
9,61	9,54	10,49	9,58	9,82	9,13	9,21	9,04	9,18	9,09	5
9,64	9,55	10,53	9,57	9,83	7,64	7,78	7,47	7,72	7,57	5,5
9,67	9,56	10,54	9,56	9,81	6,29	6,36	6,13	6,34	6,21	6
9,62	9,56	10,50	9,57	9,84	4,88	4,97	4,69	4,96	4,78	6,5
9,60	9,54	10,48	9,58	9,82	3,97	4,05	3,77	4,03	3,90	7
9,63	9,56	10,52	9,59	9,80	3,28	3,36	3,08	3,34	3,21	7,5
9,66	9,52	10,55	9,56	9,83	2,64	2,72	2,44	2,70	2,57	8
9,64	9,53	10,51	9,55	9,79	2,51	2,58	2,43	2,56	2,45	8,5
9,65	9,57	10,54	9,54	9,75	2,47	2,48	2,42	2,47	2,43	9

Таблиця 3.8 – Результати вимірювань маси ЗВГ в балоні при температурі від мінус 12,64 до мінус 11,26 °С

Температура навколишнього середовища $t, ^\circ\text{C}$					Маса ЗВГ в балоні $m, \text{кг}$					Час зливан ня $\tau, \text{хв}$
№ експерименту					№ експерименту					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
-11,98	-11,52	-11,39	-12,58	-12,28	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	0
-12,04	-11,49	-11,38	-12,63	-12,34	20,41	20,35	20,24	20,46	20,45	0,5
-12,00	-11,55	-11,30	-12,59	-12,33	19,35	19,26	19,12	19,51	19,47	1
-12,03	-11,48	-11,27	-12,62	-12,35	18,36	18,33	18,19	18,45	18,41	1,5
-12,01	-11,47	-11,33	-12,54	-12,29	17,11	17,07	16,99	17,31	17,25	2
-11,99	-11,51	-11,26	-12,61	-12,30	15,98	15,90	15,86	16,05	16,04	2,5
-12,05	-11,46	-11,32	-12,57	-12,32	14,67	14,63	14,51	14,77	14,74	3
-12,04	-11,47	-11,37	-12,64	-12,32	13,39	13,36	13,23	13,52	13,48	3,5
-12,02	-11,48	-11,36	-12,63	-12,31	11,85	11,80	11,68	11,93	11,89	4
-11,97	-11,49	-11,31	-12,58	-12,29	10,65	10,58	10,49	10,70	10,69	4,5
-11,98	-11,52	-11,29	-12,61	-12,28	9,29	9,22	9,16	9,32	9,31	5
-11,95	-11,54	-11,35	-12,64	-12,27	7,94	7,91	7,87	8,02	7,98	5,5
-11,99	-11,51	-11,38	-12,63	-12,26	6,67	6,61	6,58	6,77	6,72	6
-12,04	-11,50	-11,34	-12,61	-12,27	5,23	5,20	5,11	5,32	5,27	6,5
-12,01	-11,52	-11,33	-12,60	-12,28	4,09	4,06	3,97	4,18	4,13	7
-12,05	-11,55	-11,28	-12,56	-12,29	3,41	3,37	3,21	3,56	3,53	7,5
-11,99	-11,53	-11,29	-12,62	-12,26	2,77	2,75	2,67	2,92	2,84	8
-11,98	-11,49	-11,31	-12,64	-12,25	2,44	2,42	2,38	2,52	2,46	8,5
-11,96	-11,46	-11,34	-12,55	-12,24	2,40	2,39	2,37	2,42	2,40	9
-11,99	-11,48	-11,32	-12,58	-12,26	2,36	2,37	2,35	2,36	2,35	9,5
-11,97	-11,45	-11,30	-12,56	-12,27	2,35	2,37	2,34	2,35	2,35	10

Математична обробка експериментальних даних проводилась за методиками [13, 34, 39] при рівні значущості  $\alpha = 0,1$  і кількості експериментів  $n = 5$ . Значення  $\alpha$  відповідає вимогам до інженерних випробувань [13].

Отримані в ході експериментів результати досліджень використовувались для побудови графічних залежностей досліджуваних параметрів від величини варійованих факторів (рисунки 3.6, 3.7).

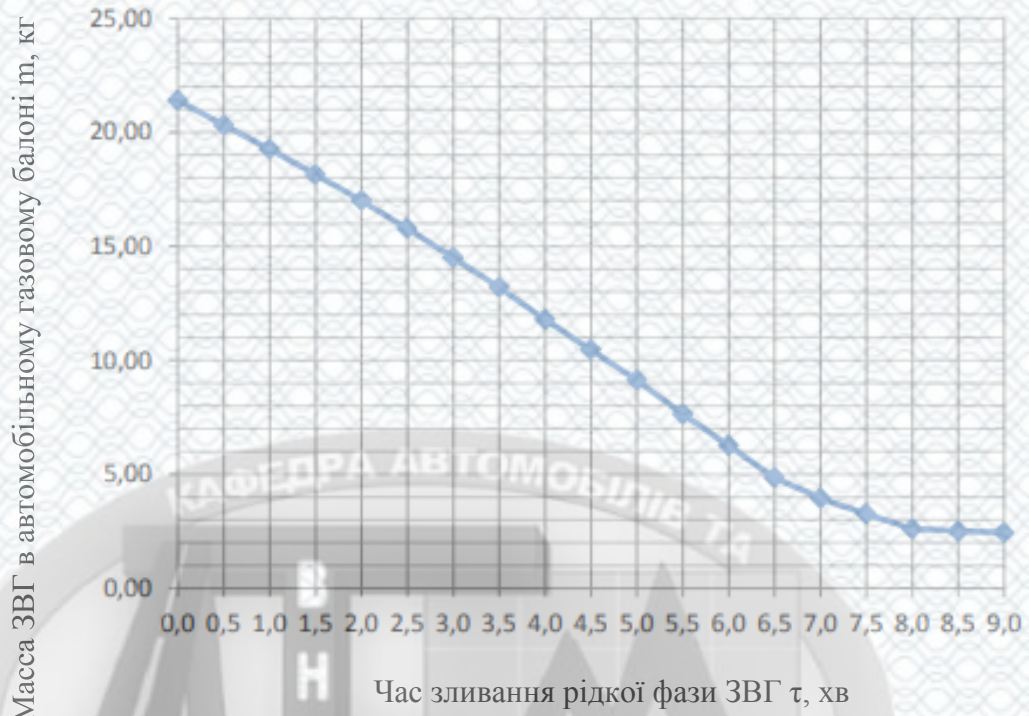


Рисунок 3.6 – Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання при температурі від плюс 9,48 до плюс 10,56 °С

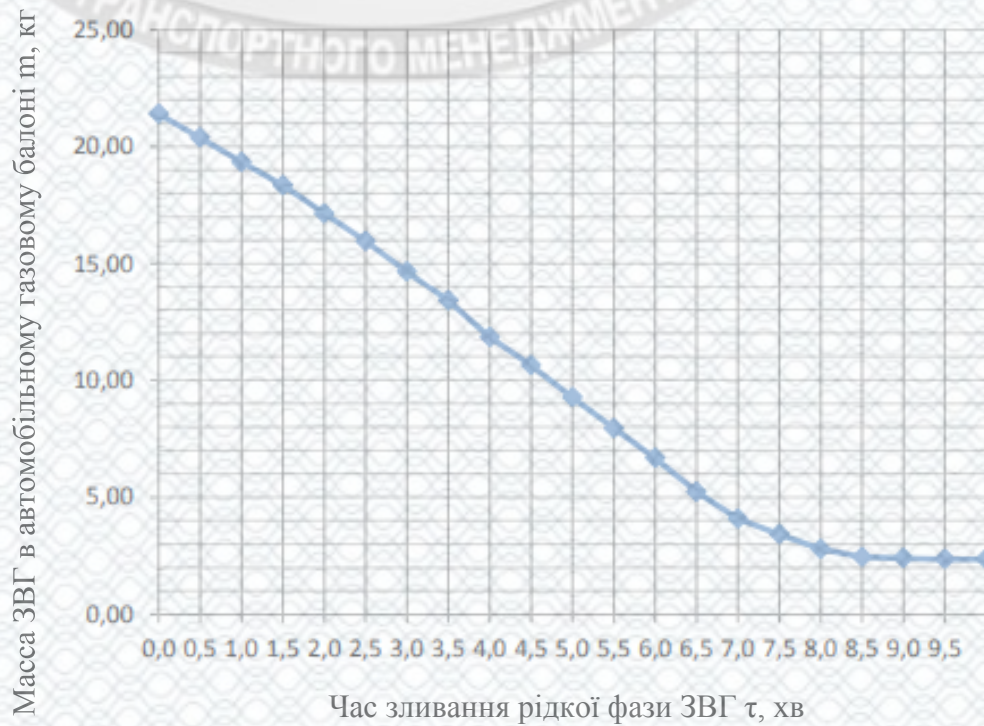


Рисунок 3.7 – Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання при температурі від мінус 12,64 до мінус 11,26 °С



### 3.5 Обробка результатів експериментальних випробувань

Обробка результатів експериментальних випробувань проводилася відповідно до загальноприйнятих методик статистичної обробки даних [33].

Для вивчення взаємозв'язку маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання експериментальні дані обробляють на основі методів кореляційно-регресійного аналізу [34]. Порядок перебування кореляційних залежностей полягає в зведенні в таблиці значень досліджуваних параметрів, побудові на їх основі поля кореляції, розрахунку емпіричної лінії регресії і визначенні теоретичної лінії регресії. Процес визначення теоретичної лінії регресії, при обмеженій кількості дослідів, полягає у виборі, обґрунтуванні типу кривої і розрахунку параметрів її рівняння.

Результати досліджень можна оцінити найбільш повно, якщо їх розподіл є нормальним. Перевірка гіпотези про нормальний розподіл отриманих експериментальних значень випадкових величин полягає в порівнянні частот фактичного розподілу з теоретичним, який характерний для нормального розподілу. Об'єктивна характеристика відповідності теоретичних і емпіричних частот була отримана за допомогою критерію згоди Пірсона  $\chi^2$ , обчисленого за формулою [33]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(f_{zi} - f_{mi})^2}{f_{mi}}, \quad (3.5)$$

де  $f_{zi}$  – емпірична частота в інтервалі;

$f_{mi}$  – теоретичні частоти в інтервалі.

Теоретична частота нормального розподілення визначається по формулі [33]

$$f_{mi} = \frac{n \cdot \lambda}{S_u \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t_i^2}{2}}, \quad (3.6)$$

де  $n$  – кількість значень у вибірці;

$\lambda$  – ширина інтервалу;

$S_u$  – середня квадратична помилка;

$\frac{t_i^2}{e^2}$   
 $\sqrt{2\pi}$  – ордината нормального розподілу [33];

$t_i$  – нормоване відхилення.

Нормоване відхилення

$$t_i = \frac{y'_i - \bar{y}}{S_u}, \quad (3.7)$$

де  $y'_i$  – середина інтервалу;

$\bar{y}$  – середнє арифметичне значення сукупності вимірювань.

Критичне значення  $\chi_m^2$  визначається по таблиці розподілу Пірсона у відповідності з числом ступенів вільності d.f. і рівнем значимості  $\alpha$  [33].

Якщо  $\chi^2 < \chi_m^2$ , то гіпотеза про нормальний закон розподілу емпіричних даних приймається.

В результаті обробки отриманих експериментальних даних розрахункове значення критерію Пірсона склало  $\chi^2 = 6,257$ , табличне значення критерію для 5 ступенів вільності і рівня значимості  $\alpha=0,1$  складає  $\chi_m^2 = 9,236$ .

Таким чином,  $\chi^2 < \chi_m^2$  умова виконується, як наслідок, гіпотеза про нормальний розподіл емпіричних даних приймається.

Для більшості досліджень процесу витікання рідини через отвір може бути вибрана крива прямолінійного типу, рівняння якої в загальному вигляді [33]

$$y = a + b \cdot x, \quad (3.8)$$

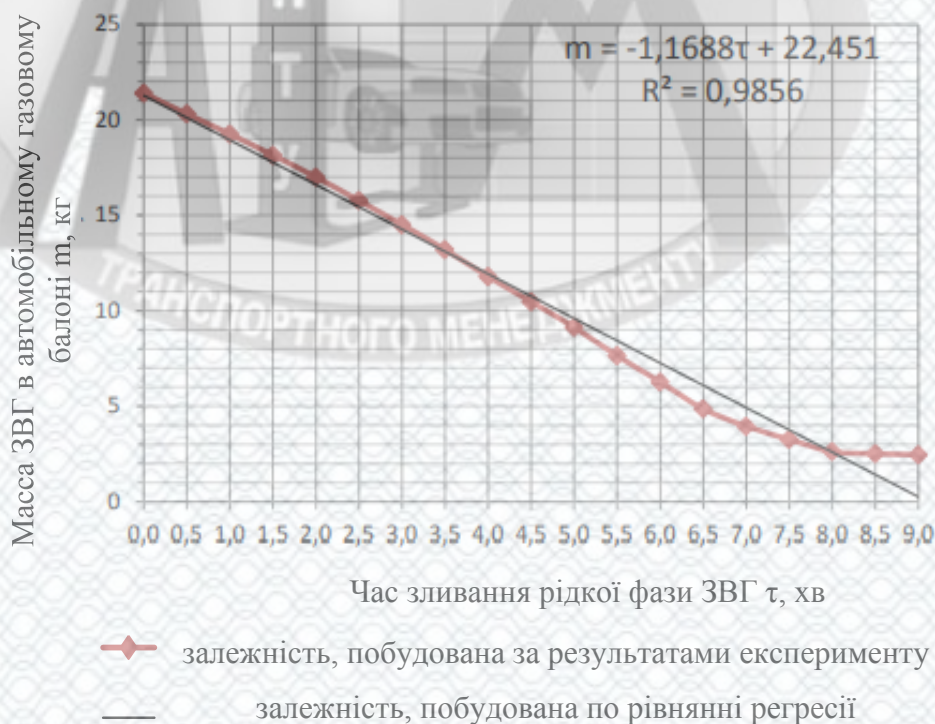
де  $y$  – ордината теоретичної лінії регресії;

$a$  – вільний член рівняння;

$b$  – коефіцієнт регресії.

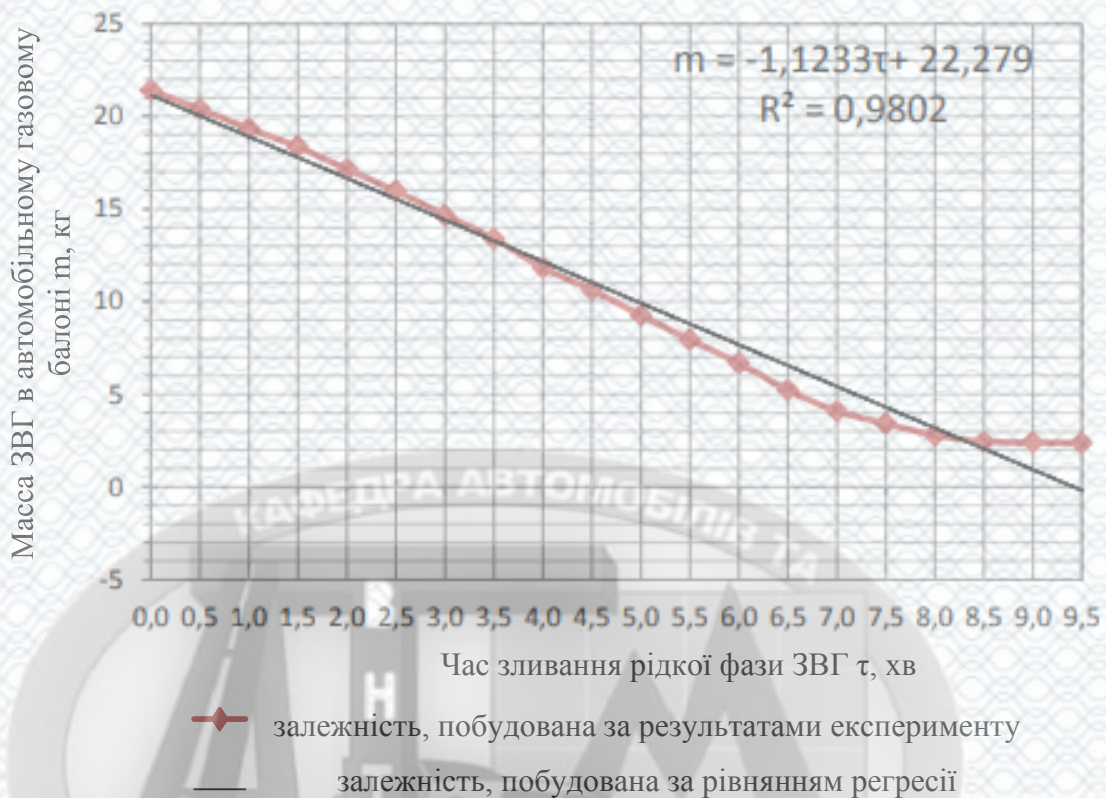
Основним методом знаходження параметрів рівняння зв'язку є метод найменших квадратів, суть якого полягає в мінімізації суми квадратів відхилень отриманих значень залежної змінної  $y$  від її значень, обчислених за рівнянням зв'язку з факторною ознакою.

За результатами обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії, при цьому коефіцієнт детермінації склав  $R^2 = 0,98$ , що говорить про те, що отримане рівняння найкращим чином описує досліджуваний технологічний процес зливання ЗВГ (рисунок 3.8).



а) при температурі від плюс 9,48 до плюс 10,56 °С

Рисунок 3.8 – Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання за результатами експерименту і рівнянню регресії (початок)



б) при температурі від мінус 12,64 до мінус 11,26 °С

Рисунок 3.8 – Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання за результатами експерименту і рівнянню регресії (закінчення)

Для визначення ступені тісноти зв'язку факторного признаку  $x$  і результативного признаку  $y$  визначаємо лінійний коефіцієнт кореляції по формулі [33]

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right) \cdot \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right)}} \quad (3.9)$$

Значення лінійного коефіцієнта кореляції становить  $r = -0,99$ , що свідчить про наявність прямого й тісного зв'язку між факторною та результативною ознаками.

### 3.6 Оцінка збіжності теоретичних результатів з результатами експериментальних досліджень

Оцінка адекватності запропонованої теоретичної моделі експериментальним даним виконана з використанням F-критерію Фішера [33]. Для перевірки адекватності порівнюються дві дисперсії - загальна дисперсія і залишкова дисперсія. Для визначення дисперсій використовувалися дані таблиці 3.9, отримані теоретичним і експериментальним шляхом.

Таблиця 3.9 – Допоміжні данні для визначення загальної і залишкової дисперсії

x, с	У <sub>експ</sub> , КГ	У <sup>2</sup> <sub>експ</sub> , КГ <sup>2</sup>	У <sub>розрах</sub> , КГ	У <sub>експ</sub> -У <sub>розрах</sub> , КГ	(У <sub>експ</sub> -У <sub>розрах</sub> ) <sup>2</sup> , КГ <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
0	21,4	457,96	21,40	0	0
0,5	20,31	412,41	19,75	0,56	0,31
1	19,26	370,79	18,10	1,16	1,34
1,5	18,15	329,28	16,45	1,70	2,89
2	17,00	289,07	14,80	2,21	4,86
2,5	15,77	248,57	13,15	2,62	6,87
3	14,51	210,48	11,49	3,01	9,08
3,5	13,20	174,19	9,84	3,35	11,25
4	11,79	139,00	8,19	3,60	12,94
4,5	10,47	109,58	6,54	3,93	15,41
5	9,13	83,36	4,89	4,24	17,97
5,5	7,64	58,31	3,24	4,40	19,32
6	6,27	39,26	1,59	4,68	21,87
6,5	4,86	23,58	0	4,86	23,58
Σ	189,73	2945,84	149,43	40,30	147,68

Загальна дисперсія

$$S^2 = \frac{\sum y_{екс}^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum y_{екс})^2}{n-1}. \quad (3.10)$$

Залишкова дисперсія

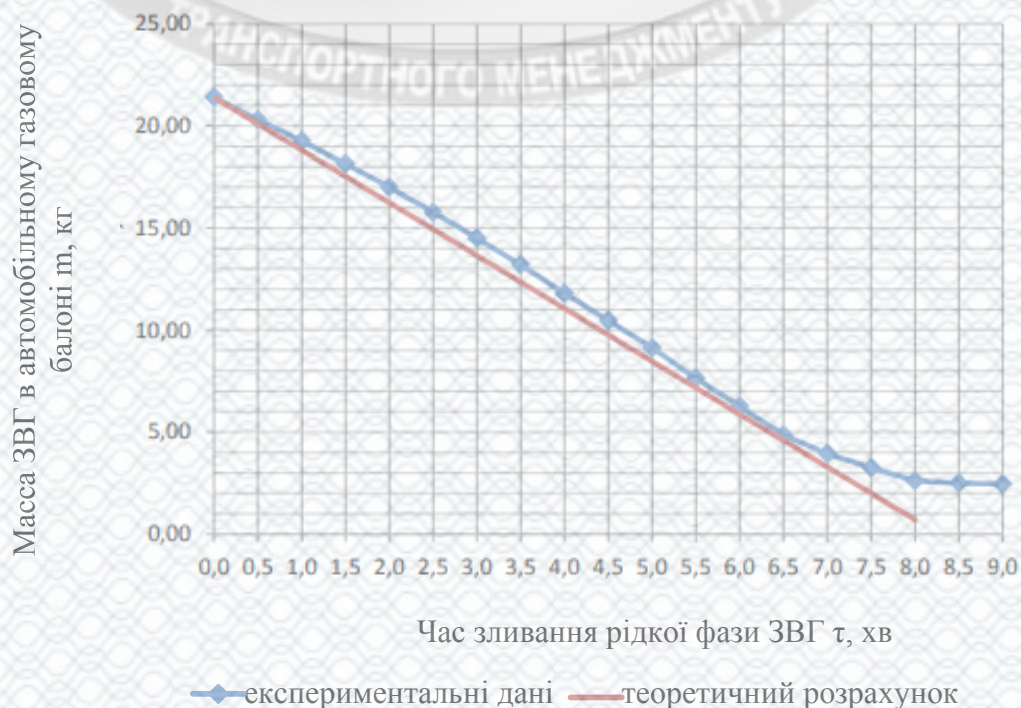
$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{\sum (y_{\text{екс}} - y_{\text{розрах}})^2}{n-2}. \quad (3.11)$$

Значення F-критерію Фішера

$$F = \frac{S_{\text{зал}}^2}{S_{\text{ост}}^2}. \quad (3.12)$$

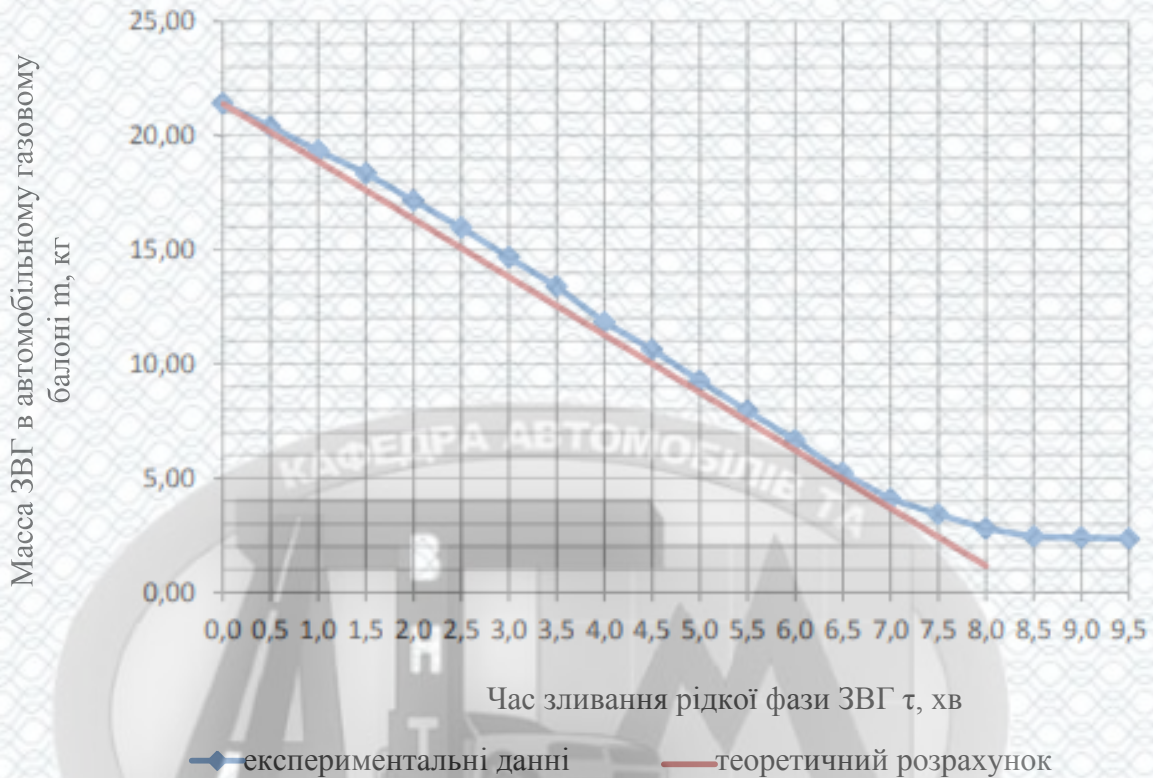
$$F = \frac{33,73}{12,31} = 2,74.$$

Для  $d.f_1 = 13$ ,  $d.f_2 = 12$  і рівня значимості  $\alpha = 0,1$  критичне значення  $F_T = 2,131$ . Отримане фактичне значення  $F = 2,74$  перевищує табличне значення, як наслідок, теоретична модель статистично значимо описує результати експериментів, що підтверджено графічно (рисунок 3.9).



а) при температурі від плюс 9,48 до плюс 10,56 °С

Рисунок 3.9 – Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання, отримана експериментальним і теоретичним методом (початок)



б) при температурі від мінус 12,64 до мінус 11,26 °С

Рисунок 3.9 – Залежність маси ЗВГ в автомобільному газовому балоні від часу зливання, отримана експериментальним і теоретичним методом (закінчення) експерименту.

### 3.7 Висновки до розділу 3

1. Проведені експериментальні дослідження підтвердили працездатність запропонованого варіанту поста зливання ЗВГ і магістралі зливання газу з автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном.

2. Оцінка збіжності математичної моделі, яка описує закономірність зміни маси і часу зливання ЗВГ від температури навколишнього середовища, за результатами експерименту виявила, що значення дисперсійного відношення Фішера, отримані на основі експериментальних даних, більше табличних значень F-критерію для рівня значущості  $\alpha = 0, 1$ , що свідчить про адекватність математичної моделі результатам

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Шкідливі виробничі фактори, що можуть виникнути на робочих місцях:

- підвищена загазованість та запиленість робочих місць;
- недостатнє освітлення;
- мікроклімат, який не відповідає вимогам;
- випаровування бензину, мастил, гальмівної рідини та ін.
- підвищений рівень шуму та вібрації.

Небезпечні виробничі фактори, що можуть виникнути на робочих місцях:

- частини обладнання, які рухаються;
- ураження електричним струмом напругою 220/380 В;
- падіння предметів;
- наїзд автомобіля;
- при користуванні несправним інструментом або при застосуванні небезпечних прийомів праці можливе ураження кінцівок.

### 4.1 Технічні рішення щодо безпеки на робочому місці

#### 4.1.1 Техніка безпеки

Приміщення повинно відповідати таким вимогам :

- підлога виготовляється з неіскроутворюючих вогнетривких матеріалів;
- двері повинні бути вогнетривкими і відкриватися на зовні;
- стіни приміщення також будуються з вогнестійких матеріалів;
- опалення повинно бути водяне або парове;
- вентиляція застосовується припливно-витяжна та місцева;
- дроти освітлювальної та силової ліній повинні бути в трубах з герметичною арматурою; розетки для переносних ламп повинні мати напругу 36 В.



Для виключення травматизму від ураження електричним струмом електричні дроти обладнання повинні бути у металевому рукаві або металевій трубі. Усе електрообладнання занулюється.

Робітники мають здавати один раз в три місяці екзамен.

До робіт на обладнанні допускаються персонал, що пройшов необхідну підготовку.

Недопускається виконувати роботу на несправному інструменті.

Опір ізоляції дротів первинних ланцюгів живлення відносно ненапругованих частин стану повинно бути не менш 1 МОм.

#### 4.1.2 Електробезпека

Необхідно щоб:

- струмопроводжучі частини повинні бути ізольовані, огорожені або розміщені в місцях, недоступних до дотикання до них;
- світильники загального освітлення, приєднанні до джерела живлення (електромережі) напругою 127 і 220 В, повинні встановлюватися на висоті не менше 2,5 м. від рівня землі, підлоги. При висоті підвісу менше 2,5 м. світильники повинні приєднуватися до мережі напругою не більше 42 В, електроустановки повинні бути занулені.

Умови роботи особливо небезпечні для ураження людей електричним струмом тому обладнання потрібно виконувати у вибухонебезпечній формі, а всі дроти оцинковані.

### 4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

#### 4.2.1 Повітря робочої зони та метеоумови

Роботи, що виконуються на підприємстві переважно, характеризуються як роботи, пов'язані з ходьбою і перенесенням невеликої ваги (до 10 кг), і

відносяться до категорії робіт середньої важкості (II б). Значення допустимих нормованих параметрів метеорологічних умов для даної категорії робіт наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Мікроклімат в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура, С		Відносна вологість повітря, %		Швидкість повітря, м/с руху	
		Факт.	Допус.	Факт.	Допус.	Факт.	Допус.
Хол.	IIб	15-18	21-15	70-75	75	0,3-0,4	<0,4
Тепл.	IIб	20-24	27-26	70-80	75	0,4-0,5	0,2-0,5

Дотримання нормативних метеоумов забезпечується за допомогою опалення та вентиляції в холодний період року, та вентиляції в теплий період року. Теплове опромінення не перевищує нормативне ( $100 \text{ Вт/м}^2$ ) при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла людини.

Максимально допустима для роботи температура поверхонь не повинна перевищувати  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Шкідливі речовини, які забруднюють повітря, значення їх ГДК, агрегатний стан, клас небезпеки та особливості дії на організм людини наведені в табл. 4.2

Дотримання гранично-допустимих значень забезпечується за допомогою загальнообмінної приточно-витяжної та місцевої вентиляції.

Таблиця 4.2 - Шкідливі речовини в робочій зоні

Назва шкідливої речовини	ГДК, $\text{мг/м}^3$	Агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Азота оксид	5	п	II	О
Акролеїн	0,2	п	II	-
Пил мінеральний	4	а	III	А,Ф

Умовні позначення:

п-пари (абогази);

а - аерозолі;

п+а - суміш парів та аерозолію;

А - речовини, здатні викликати алергічні захворювання в виробничих умовах;

К-канцерогени;

О - речовини з гостронаправленим механізмом дії, які потребують автоматичного контролю за їх вмістом в повітрі;

ф - аерозолі фіброгенної дії.

Система опалення., в холодний та перехідний періоди року, виконана із умов забезпечення температури повітря в приміщеннях на рівні + 15 °С. Опалення централізоване. В якості теплоносія використовується гаряча вода, з температурою 79-95 °С. Джерелом теплопостачання є зовнішня теплова мережа.

#### 4.2.2 Освітленість

Освітлення приміщення відбувається як природним, так і штучним методами. Природне освітлення є боковим. Штучне комбіноване - загальне і місцеве освітлення здійснюється газорозрядними лампами,

Коефіцієнт природного освітлення (КПО) для IV-го світлового поясу:

$$e_{IV} = e_{III} * m * C_k \quad (4.1)$$

де  $e_{III}$  – нормований коефіцієнт природного освітлення для III поясу;

$m$  - коефіцієнт світлового клімату, залежить від географічного розташування об'єкта; для IV пояса  $m = 0,9$ .

$C_k$  - коефіцієнт, що враховує додатковий світловий потік.

Норми і нормовані значення КПО наведено в табл. 4.3

Таблиця 4.3 - Норми і нормовані значення КПО

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта	Розряд зорової роботи	Підрозділ зорової роботи	Контраст об'єкту розпізнання з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення (освітленість, лк)				Природне освітлення, КПО $e_{H}^{\text{н}}$ , %	Сумісне освітлення КПО $e_{H}^{\text{н}}$ , %
						При комбінованому освітленні		При загальному освітленні		При бічному освітленні	При бічному освітленні
						Норматив	Дійсний	Норматив	Дійсний		
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	A	Малий	темний	750	750	300	300	1,5	0,9

### 4.2.3 Шум

В робочій джерелами шуму є працюючі двигуни технологічного обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску для широкосмугового шуму в октавних смугах частот і дійсні значення рівня звукового тиску в зоні наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Допустимі рівні звукового тиску для широкосмугового шуму в октавних, смугах частот і дійсні значення рівня звукового тиску

Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах із середніми частотами									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	99	87	82	78	75	73	71	69	80

Необхідно використовувати шумопоглинаючі матеріали або конструкції для зменшення рівня шуму, Звукопоглинаюче облицювання стін та стелі дозволяє знизити рівень шуму на 6..8 дБ, Звукоізоляційною огорожею є всі корпуси машин та агрегатів.

### 4.2.4 Вібрація

Для попередження негативного впливу вібрацій на працюючих допускаються такі граничні величини, які наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Санітарні норми одночисельних показників вібраційної навантаження оператора при тривалості зміни 8 год.

Вид Вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативні, коректовані по частоті та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкості	
			$\alpha_H, \text{ м/с}^2$	$L_{CH}, \text{ дБ}$	$V_H \cdot 10^{-2}, \text{ м/с}$	$L_{VH}, \text{ дБ}$
Локальна	-	$X_A, Y_A, Z_A$	2.0	126	2.0	112
Загальна	3 тип "а"	$X_0, Y_0, Z_0$	0.1	100	0.2	92

Віброізоляція зменшує рівні вібрацій, що передаються від джерела на тіло робітника. Вона здійснюється введенням поміж джерелом вібрацій і працюючим проміжного пружного зв'язку. Наприклад, фундамент машин, споруджений на пружних прокладках, або встановлюються на віброізолюючих опорах.

### 4.3 Пожежна безпека

Більшість приміщень віднесені до категорії В (пожежо-небезпечні виробництва), а будівля, де вони розміщуються, має 1-й ступінь вогнестійкості - незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менш 1 години (табл. 4.6.).

Таблиця 4.6. Межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год							
	Стіни				Колони	Плити, настили, перекриття	Елементи покриттів	
	Несучі клітини, сходи	самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі			Плити, настили	Балки, ферми
1	2.5	2.0	2.5	2.5	1.5	2.0	2.0	2.0

Основними причинами виникнення пожеж, є коротке замикання в електропроводниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки.

Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики з кришками та. цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх необхідно розміщувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах,

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані вище даху приміщення та з'єднані із землею дротом, Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі максимальної дії ДІЛ, які спрацьовують, коли температура, навколишнього середовища досягає критичної.

#### 4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Спеціальна обробка формувань і населення може проводитися на пунктах спеціальної обробки (ПуСО) в тих випадках, коли формування діють разом з підрозділами ЦЗ, що розгортаються частинами ЦЗ. Для розгортання ПуСО використовуються дегазаційно-душові автомобілі, для відводу і збору забрудненої води відриваються водозбірні колодязі і водовідвідні канали. Особовий склад формувань з району чекання прибуває на контрольний розподільний пункт (КРП), здає документи і цінності у відведеному для цього місці, впливає в роздягальні відділення, проходить санітарну обробку в обмивальних відділеннях, вдягається, одержує документи, цінності в місці їхньої видачі, а чистий одяг на складі, проходить при необхідності огляд лікарів, вдягається і впливає в район збору.

Зазвичай для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Дезактивацію транспортних засобів і техніки проводять із застосуванням 0,15 %-го розчину СФ-2 у воді (влітку) чи аміачній воді, що містить 20-24 % аміаку (взимку). Препарати ОП-7 і ОП-10 застосовують як складову частину дезактивуєчих розчинів, призначених для дезактивації поверхонь будинків, споруджень і устаткування.

Дезактивація транспортних засобів і техніки проводиться змиванням струменем води під тиском 2-3 атм чи обробкою дезактивуєчими розчинами, протиранням дрантям, змоченої в бензині, гасі, дизельному паливі, а також обробкою газокрапельним потоком при їх зараженні 200 мР/год. і більше.

В свою чергу дезактивація ділянок території, що мають тверде покриття (асфальт, бетон), може проводитися змиванням радіоактивного пилу струменем води під великим тиском за допомогою поливомоечних машин змиванням радіоактивних речовин прибиральними машинами. Ділянки території, що не мають твердого покриття, дезактивуються шляхом зрізання зараженого шару ґрунту товщиною 5-10 см дорожніми машинами (бульдозерами, грейдерами), засипанням заражених ділянок території шаром незараженого ґрунту товщиною 8-10см, переорюванням зараженої території тракторними плугами на глибину до 20 см, пристроєм настилів для проїздів і проходів по зараженій території, збиранням снігу (зрізується верхній шар снігу товщиною до 20 см) і сколюванням льоду.

#### 4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі на основі аналізу умов праці при виконанні роботи по вдосконаленню технічної експлуатації газобалонних автомобілів транспортного підрозділу акціонерного товариства «Оператор газорозподільної системи «Вінницягаз» було розроблено необхідні організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи. Отже поставлені завдання виконані.

## РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАНУ БЕЗПЕКИ ЗЛИВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ГАЗУ З АВТОМОБІЛЬНИХ ГАЗОВИХ БАЛОНІВ

5.1 Методика визначення економічного ефекту від впровадження комплексу технічних рішень по забезпеченню безпечного зливання зрідженого вуглеводневого газу

Впровадження в АТП поста зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів дозволить зменшити вимушену витрату ЗВГ і знизити простой газобалонних автомобілів, запобігти забрудненню навколишнього середовища і підвищити пожежну безпеку при виконанні робіт з ТО і ПР. Тоді очікуваний економічний ефект від впровадження буде

$$E = E_1 + E_2 + E_3, \quad (5.1)$$

де  $E_1$  – економічний ефект від економії ЗВГ і скорочення втрат часу на зливання його із автомобільних балонів, грн.;

$E_2$  – економічний ефект від перетворення забруднення навколишнього середовища, грн.;

$E_3$  – умовний економічний ефект від підвищення пожежної безпеки при виконанні робіт з ТО і ПР газобалонних автомобілів, грн.

Економічний ефект від економії ЗВГ і скорочення втрат часу на зливання. Очікуваний економічний ефект в цьому випадку визначиться по формулі

$$E_1 = (Z_1 \cdot L_1^{-1} - Z_2 \cdot L_2^{-1}) \cdot L_2 - E_n \cdot K, \quad (5.2)$$

де  $Z_1$  – річні витрати АТП до впровадження поста зливання ЗВГ (по даним підприємства), грн.;



$Z_2$  – річні витрати АТП після впровадження поста зливання ЗВГ, грн.;

$L_1$  – річний пробіг парку автомобілів до впровадження поста зливання ЗВГ (по даним підприємства), км;

$L_2$  – річний пробіг парку автомобілів після впровадження поста зливання ЗВГ, км;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K$  – капітальні вкладення на будівництво поста зливання ЗВГ, грн.

Річні витрати АТП на впровадження поста зливання ЗВГ рівні

$$Z_2 = Z_1 - Z_m + Z_a + Z_e, \quad (5.3)$$

де  $Z_m$  – вартість ЗВГ, зливаемого на посту, грн.;

$Z_a$  – амортизаційні відрахування на пост зливання ЗВГ, грн.;

$Z_e$  – Витрати на експлуатацію поста зливання ЗВГ, грн.;

Вартість зрідженого газу, зливаемого на посту зливання ЗВГ і потім використаного за призначенням, визначається так:

$$Z_m = C_2 \cdot G, \quad (5.4)$$

де  $C_2$  – ціна однієї тони ЗВГ, заправляемого на АГЗС, грн./т;

$G$  – маса газу, зливаемого на посту за год, т.

Маса зливаемого на посту газу

$$G = G_2 \cdot N, \quad (5.5)$$

де  $G_2$  – маса газу в повністю заправленому балоні, кг;

$N$  – кількість балонів, опорожняємих на посту за год, шт.

Маса газу в балоні

$$G_2 = 0,9 \cdot \rho_{жс} \cdot V_{\bar{b}}, \quad (5.6)$$

де  $\rho_{жс}$  – густина рідкої фази ЗВГ, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\bar{b}}$  – середній об'єм балонів, опорожняємих на посту за год, м<sup>3</sup>.

Загальна кількість опорожняємих на протязі року балонів розраховується по формулі

$$N = N_{ТО} + N_{СО} + N_{ПР} + N_{ОС} + N_{В}, \quad (5.7)$$

де  $N_{ТО}$  – кількість обслуговувань ТО-2;

$N_{СО}$  – кількість сезонних обслуговувань арматури балонів;

$N_{ПР}$  – число поточних ремонтів газобалонних автомобілів;

$N_{ОС}$  – кількість балонів, що підлягають освідченню;

$N_{В}$  – кількість відмов арматури балонів за рік.

Кількість обслуговувань ТО-2

$$N_{ТО} = \frac{L_1}{L_{ТО} \cdot K_1 \cdot K_3}, \quad (5.8)$$

де  $L_{ТО}$  – нормативна періодичність ТО-2, км;

$K_1$  – коефіцієнт коректування нормативів в залежності від умов експлуатації;

$K_3$  – коефіцієнт коректування нормативів в залежності від природно-кліматичних умов.

Кількість сезонних обслуговувань арматури балонів

$$N_{СО} = A_{сн}, \quad (5.9)$$

де  $A_{сн}$  – кількість списочних автомобілів, працюючих на зрідженому газі.

Число заїздів автомобілів на поточний ремонт

$$N_{\text{ПР}} = t_{\text{нр}} \cdot L_1 \cdot (1000 \cdot t)^{-1}, \quad (5.10)$$

де  $t_{\text{нр}}$  – норматив трудомісткості поточного ремонту на 1000 км пробігу, люд./год.;

$t$  – середній час простою автомобіля в ремонті, год.

Кількість балонів, підлягаючих освідченню, визначається з розрахунку, що всі балони на протязі двох років повинні пройти освідчення.

$$N_{\text{ос}} = 0,5 \cdot A_{\text{сн}}, \quad (5.11)$$

Можлива кількість відмов арматури балонів

$$N_{\text{в}} = p_0 \cdot A_{\text{сн}}, \quad (5.12)$$

де  $p_0$  – ймовірність виникнення відмови (порушення внутрішньої або зовнішньої герметичності) ЗПА балона.

Амортизаційні відрахування на пост зливання ЗВГ визначаються наступним чином:

$$z_A = \frac{\alpha \cdot (C_{\text{об}} + C_{\text{м}} + C_{\text{ос}})}{100}, \quad (5.13)$$

де  $\alpha$  – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення основних фондів, %;

$C_{\text{об}}$  – вартість обладнання поста зливання, грн.;

$C_{\text{м}}$  – вартість монтажу обладнання, грн.;

$C_{\text{ос}}$  – вартість основних засобів поста зливання, грн.

Затрати на експлуатацію поста зливання зрідженого газу розраховуються по наступній формулі:

$$Z_{\epsilon} = Z_{el} + Z_{iz} + Z_{zn}, \quad (5.14)$$

де  $Z_{el}$  – витрати на електроенергію, грн.;

$Z_{iz}$  – витрати на інертний газ, грн.;

$Z_{zn}$  – заробітна плата оператора поста, грн.;

Витрати на електроенергію визначаються з виразу

$$Z_{el} = c_{el} \cdot P \cdot \kappa_n \cdot T_{\phi o}, \quad (5.15)$$

де  $c_{el}$  – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн./кВт·год);

$P$  – потужність струмоприймачів поста, кВт;

$\kappa_n$  – коефіцієнт попиту;

$T_{\phi o}$  – фонд робочого часу обладнання поста, год.

Витрати на інертний газ для дегазації балонів

$$Z_{iz} = \frac{c_{iz} \cdot N \cdot M}{M_{iz}}, \quad (5.16)$$

де  $c_{iz}$  – вартість одного балона з інертним газом, грн.;

$M$  – маса інертного газу, витрачаємого на дегазацію одного автомобільного балона, кг;

$M_{iz}$  – маса інертного газу в балоні, кг.

Заробітна плата робочого, який обслуговує пост зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів, визначається так:

$$Z_p = c_m \cdot T_{\phi n} \cdot \kappa_n, \quad (5.17)$$

де  $c_m$  – тарифна ставка оператора 4-го розряду, грн./год;

$T_{\phi n}$  – номінальний річний фонд часу робочого, год.

$\kappa_H$  – коефіцієнт, враховуючий премії, додаткову заробітну плату і відрахування на страхування.

Річний пробіг парку газобалонних автомобілів після впровадження поста зливання ЗВГ залежить від скорочення часу простою автомобілів, який, в свою чергу, приведе до збільшення коефіцієнта випуску автомобілів на лінію.

Скорочення часу простою автомобілів при наявності поста зливання ЗВГ із балонів для всього парку автомобілів визначиться з виразу

$$\Delta T = 0,0167 \cdot (t_2 - t_1) \cdot N / t, \quad (5.18)$$

де  $t_1$  – час повного зливання ЗВГ із балона середнього об'єму, хв;

$t_2$  – час спорожнення такого ж балона шляхом випуску парової фази в повітря, хв.

Тривалість спорожнення балона шляхом випуску газу в повітря

$$t_2 = \frac{G_z}{G_{cv}}, \quad (5.19)$$

де  $G_{cv}$  – масова витрата газу з балона при вільному випуску парової фази в навколишнє середовище, кг/хв.

Приріст коефіцієнта випуску автомобілів на лінію при наявності поста зливання ЗВГ складе

$$\Delta \alpha = 100 \cdot \Delta T \cdot (D_p \cdot A_{cn})^{-1}, \quad (5.20)$$

де  $D_p$  – число робочих днів в рік.

Тоді річний пробіг парку газобалонних автомобілів після впровадження поста зливання ЗВГ визначиться по формулі

$$L_2 = L_1 \cdot (1 + 0,01 \cdot \Delta\alpha). \quad (5.21)$$

Капітальні вкладення на будівництво поста зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів включають в себе вартість обладнання поста  $C_{об}$ , витрати на монтаж обладнання  $C_m$  і витрати на будівельні роботи  $C_{б\gammaд}$ :

$$K = C_{об} + C_m + C_{б\gammaд}. \quad (5.22)$$

Економічний ефект від попередження забруднення навколишнього середовища

Шкода навколишньому середовищу, спричиняєма викидами (випусками) ЗВГ в атмосферу на протязі року визначається по формулі

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M, \quad (5.23)$$

де  $\gamma$  – питомі втрати, грн./умов.т;

$\sigma$  – коефіцієнт відносної небезпеки забруднення атмосфери над територією АТП [8];

$f$  – величина, враховуюча характер розсіювання примісі в атмосфері;

$M$  – приведена маса річних викидів забруднень з джерела, умов.т/рік.

Значення  $\sigma$  для центральної частини міст з населенням вище 300 тис. люд., незалежно від адміністративної густини населення, приймається рівним 8 [8].

Значення  $f$  при оцінці шкоди від викидів аерозолів приймається рівним 10 [8].

Значення приведеної маси річних викидів забруднень в атмосферу від автомобіля визначається по формулі

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (5.24)$$

де  $m_i$  – маса річних викидів домішок  $i$ -го виду в атмосферу, т/рік;

$A_i$  – показник відносної агресивності суміші  $i$ -го виду, умов.т/т;

$n$  – загальне число сумішей, які викидаються джерелом в атмосферу.

Значення  $M$  визначається окремо для кожного виду сумішей.

Значення показника  $A_i$  визначається по формулі

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i, \quad (5.25)$$

де  $a_i$  – показник відносної небезпеки наявності суміші в повітрі, яке вдихається людиною;

$\alpha_i$  – поправка, яка враховує ймовірність накопичення вихідної суміші або вторинних забруднень в компонентах навколишнього середовища, а також надходження суміші в організм людини неінгаляційним шляхом;

$\delta_i$  – поправка, яка враховує дії на різні реципієнти, окрім людини.

Розрахунок показників  $A_i$  і  $M_i$  для кожного виду сумішей представлені в таблиці 5.2.

Економічний ефект від попередження забруднення навколишнього середовища численно рівний величині скричиненої шкоди, тобто  $C_2 = U[8]$ .

Умовний економічний ефект від підвищення пожежної безпеки при виконанні ТО і ПР.

Впровадження поста зливання ЗВГ із автомобільних газових балонів значно знижує ймовірність виникнення пожежі при виконанні робіт по технічному обслуговуванню і поточному ремонті газобалонних автомобілів.

Шкода, нанесена АТП можливою пожежею, визначається як

$$Y_n = S \cdot p_n \cdot \kappa_n, \quad (5.26)$$

де  $S$  – вартість споруди, обладнання, споруд зон ТО, ПР і автомобілів які в них знаходяться, грн.;

$p_n$  – ймовірність виникнення пожежі;

$k_n$  – коефіцієнт нанесеного пожежею збитку.

Умовний економічний ефект від підвищення пожежної безпеки, через можливість втрат, численно рівний величині шкоди, спричиненої пожежею, тобто  $C_3 = Y_n$ .

Приклад розрахунку економічного ефекту від впровадження поста зливання ЗВГ на АТП відповідно приведеній методиці.

## 5.2 Визначення економічного збитку навколишньому середовищу від несанкціонованого зливання зрідженого вуглеводневого газу з автомобільних газових балонів в атмосферу

Необхідно визначити економічний збиток, що наноситься забрудненням. Під економічним збитком розуміються негативні зміни основних властивостей навколишнього природного середовища, виражені в грошовій формі [1]. Для визначення економічного збитку розроблені і застосовуються два методичних підходи: метод прямого рахунку і метод узагальнюючих непрямих оцінок. Метод прямого рахунку, розроблений К.Г. Гофманом, А.А. Гусевим в 70-і роки, охоплює широкий спектр втрат: від витрат на ліквідацію наслідків забруднення навколишнього середовища до витрат в охороні здоров'я і соціальному забезпеченні, пов'язаних з ростом захворюваності. Для настільки об'ємних розрахунків потрібне залучення фахівців різного профілю, тому на практиці застосовують спрощений метод, викладений в нормативному документі з охорони навколишнього середовища [8].

Згідно з додатком 6 типової методики [8], економічна оцінка збитку, що завдається річними викидами забруднень в атмосферне повітря, визначається за формулами (5.23) - (5.25). Результати розрахунку маси річного викиду забруднень від зливання ЗВГ в навколишнє середовище при експлуатації в м.Києві 35 тис. ГБА наведені в таблиці 5.2.



Таблиця 5.2 – Розрахунок приведеної маси річного викиду забруднень

Речовина	$m_i$ , т	$a_i$	$\alpha_i$	$\delta_i$	$A_i$ , умов.т/т	$M_i$ умов.т/рік
Метан	0,315	0,63	1	2	1,26	0,4
Етан	0,236	1	1	1	1	0,24
Етилен	0,157	27,4	1	1,5	41,1	6,5
Пропан	2,624	0,63	1	2	1,26	3,3
n-Бутан	1,628	0,63	1	2	1,26	2
Ізобутан	0,262	0,63	1	2	1,26	0,33
Бутилен	0,005	$6,3 \cdot 10^6$	2	1	$12,6 \cdot 10^6$	66355
Сірководень	0,005	27,4	1	2	54,8	0,3
Сірчана кислота	0,016	24,5	1	2	49	0,8
Всього	5,248					66368

Приведена маса річного викиду забруднень  $M = 66368$  умов.т/рік.

Шкода від викиду ЗВГ в навколишнє середовище  $У = 0,8 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 66368 = 4247666$  грн./рік.

Ефект природоохоронних заходів є відвернений збиток в результаті поліпшення стану навколишнього середовища. Різниця запобігання шкоди і необхідних для цього витрат показує величину абсолютного ефекту.

Для запобігання шкоди навколишньому середовищу необхідно обладнати пост зливання ЗВГ. Розрахунок капітальних вкладень в будівництво поста на АГЗС та АТП представлений в таблиці 5.3, ціни взяті з Інтернет-сайтів [www.azs-snab.ru](http://www.azs-snab.ru) і [www.juza.ru](http://www.juza.ru).

Таблиця 5.3 – Специфікація обладнання і матеріалів, необхідних для проектування поста зливання ЗВГ на АГЗС і АТП

№ п/п	Обладнання і матеріали	Кількість, од.		Вартість, грн.	
		АГЗС	АТП	АГЗС	АТП
1	2	3	4	5	6
1.	Пістолет зливний ЗВГ	1	1	2050	2050
2.	Пістолет подачі природного газу	1	1	2050	2050
3.	Хрестовина зєднувальна	1	0	1000	0
4.	Вентиль	7	3	6050	2600
5.	Балон з природнім газом	2	2	350	350
6.	Редуктор понижаючий	1	1	550	550
7.	Компресор	1	0	125000	0
8.	Лічильник газу	1	1	100000	100000
9.	Насос для перекачки газу із зливного резервуару	1	0	32500	0

## Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
10.	Колонка зливна	1	1	58000	58000
11.	Зливний резервуар	1	0	90000	0
12.	Балон об'ємом 150 л	0	1	0	1500
13.	Рукави для підводу пістолетів	2	3	3500	5500
14.	Трубопроводи	8	4	2500	1200
15.	Трійник	1	1	900	900
16.	Арматура			8000	2500
Всього				432450	177200

При будівництві поста зливання ЗВГ на АГЗС ефект природоохоронних заходів складе 3815216 грн., На АТП - 4070466 грн.

Для забезпечення зливання газу з автомобільного газового балона необхідно внести зміни в схему живлення двигуна газом, а саме, додати трійник 9, вентиль 10 і ВЗУ без зворотного клапана 11 [31].

### 5.3 Висновки до розділу 5

1. Запропоновано методику визначення економічного ефекту від впровадження комплексу взаємопов'язаних технічних рішень щодо забезпечення безпечного зливання ЗВГ.

2. Визначено економічний ефект при запобіганні шкоди навколишньому середовищу при організації постів зливання ЗВГ і дотриманні вимог нормативно-технічної документації при технічній експлуатації ГБА, що працюють на ЗВГ.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що з автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном і системи живлення, змонтованої по ТУ 152-12-008-99, злити газ неможливо.

2. Розроблено комплекс взаємопов'язаних технічних рішень, що включає модернізовану двопаливного систему живлення двигуна з балоном, обладнаним мультиклапаном, що дозволяє здійснити зливання газу з балонів цього типу, і пост зливання ЗВГ для АТП.

3. Розроблено математичну модель, що дозволяє визначати взаємозв'язок параметрів технологічного процесу зливання ЗВГ від параметрів стану ЗВГ і конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ. Оцінка збіжності математичної моделі здійснювалася за результатами експерименту. Для довірчої ймовірності  $P = 0,9$  значення дисперсійного відносини Фішера, отримані на основі експериментальних даних, більше табличних значень F-критерію, що свідчить про адекватність математичної моделі результатам експерименту.

4. Встановлено закономірності впливу конструктивних параметрів магістралі зливання ЗВГ і параметрів стану ЗВГ на параметри технологічного процесу зливання ЗВГ із автомобільного газового балона, обладнаного мультиклапаном.

5. Визначено економічний ефект при запобіганні шкоди навколишньому середовищу від несанкціонованого зливання ЗВГ, який становить 4 млн. грн. /рік, і запропонована методика визначення економічного ефекту від впровадження комплексу взаємопов'язаних технічних рішень для забезпечення зливання ЗВГ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балацкий О.Ф. Теоретические и практические вопросы определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды / О.Ф. Балацкий. – Л: Гидрометеиздат, 1984. – 190 с.
2. Белов А.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / А.А. Белов, Б.А. Баллод, Н.Н. Елизарова. – М.: Феникс, 2008. – 318 с.
3. Бондаренко Е.В. Оценка использования некоторых видов моторного топлива по критериям экологической безопасности / Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. – 2004. - № 3. – С. 60-63.
4. Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники: учебник / О.Н. Брюханов, А.Т. Мелик-Аракелян, В.И. Коробко. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. 240 с.
5. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. – М.: Физматгиз, 1963. – 708 с.
6. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
7. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною : НАПБ Б.03.002-2007. – Київ : ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007.
8. Временная типовая методика определения предотвращенного экологического ущерба. Введ. 1999-03-09. – М.: Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1999.
9. Гиргидов А.Д. Техническая механика жидкости и газа: учеб. для вузов / А.Д. Гиргидов. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. – 395 с.

10. Гольдблат И.И. О токсичности автомобильных двигателей, работающих на газовом топливе / И.И. Гольдблат, Е.Д. Колубаев, Н.П. Самоль // Автомобильная промышленность. – 1972. – № 4. – С. 5-7.
11. Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика) : учебник для вузов / В.И. Ерохов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 598 с.
12. Ерохов В.И. Газовая аппаратура нового поколения для подачи СУГ / В.И. Ерохов // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. – 2013. – №7. – С. 17-30.
13. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений: учебное пособие / А.Н. Зайдель. – 3-е изд., испр. и доп. – Л.: Наука, 1968. – 96 с.
14. Ким А.А. Перевод автотранспортных средств на ГБО в ОАО «Газэнергосеть». Анализ динамики рынка услуг по переводу АТС на ГБО / А.А. Ким, В.А. Кочетков // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – №2. – С. 52-54.
15. Ким А.А. Проекты ОАО «Газпром газэнергосеть», реализуемые в рамках Программы газификации регионов РФ / А.А. Ким // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – №1. – С. 46-48.
16. Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие / Н.Б. Кириченко. – М.: Академия, 2005. – 208 с.
17. Клементьев С.М. Автомобильные топлива XXI века: учебное пособие / С.М. Клементьев, В.М. Пономарев, В.М. Федоров. – 2-е изд. – Чайковский: Издво института экономики УрО РАН, 2008. – 139 с.
18. Лебедев А. Сжиженное потребление / А. Лебедев // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. – 2013. – №1. – С. 36-38.
19. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов / Л.Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
20. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие / В.И. Ляшков. – 2-е изд., стер. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 260 с.

21. Миллер А. Развитие газомоторного рынка России / А. Миллер // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – №4. – С. 4-5.
22. Нормативное обеспечение экологической безопасности автомобильного транспорта в эксплуатации: учеб. пособие / В.А. Максимов и др. ; ред. : В.А. Максимов, В.И. Сарбаев. – М. : МАДИ-ГТУ, 2004. – 235 с.
23. Огневий В.О., Огородник Я.Ю. Проблеми технічної експлуатації газобалонних автомобілів // Матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Житомир 2020 р.
24. ОНТП-01-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. Введ. 1991-08-07. – М.: Росавтотранс, 1991.
25. Панов Ю.В. Перспективы газомоторной отрасли / Ю.В. Панов // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. – 2012. – №2. С. 64-66.
26. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – 2-е изд., исправл. – М.: Высшая школа, 2005. – 544 с.
27. Певнев Н.Г. Совершенствование процесса эксплуатации газобаллонных автомобилей с двухтопливной системой питания : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.10 : защищена 21.01.05 / Николай Гаврилович Певнев ; ОГУ. – Оренбург, 2005. – 425 с.
28. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1997.
29. Пронин Е.Н. Газомоторный рынок Украины / Е.Н. Пронин // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – №3. – С. 11-12.
30. Пронин Е.Н. Говорят автопроизводители / Е.Н. Пронин // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – №4. – С. 62-65.
31. Раенбагина Э.Р. Аспекты организации постов безопасного слива сжиженного углеводородного газа из автомобильных газовых баллонов / Э.Р.

Раенбагина // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 276-282.

32. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы / Б.С. Рачевский. – М.: НЕФТЬ и ГАЗ, 2009. – 640 с.

33. Реброва И.А. Планирование эксперимента: учебное пособие / И.А. Реброва. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.

34. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: справочное руководство / Л.З. Румшицкий. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

35. Самоль Г.И. Газобаллонные автомобили / Г.И. Самоль, И.И. Гольдблат. – М.: Машгиз, 1963. – 388 с.

36. Стаскевич Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец, Д.Я. Вигдорчик. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.

37. Техническая эксплуатация автомобилей : учебник для вузов / Е.С. Кузнецов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2001. – 535 с.

38. Техническая эксплуатация газобаллонных автомобилей / Н.Г. Певнев и др.; ред. Н.Г. Певнев. – Омск: СибАДИ, 2002. – 220 с.

39. Фаддеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента: учебное пособие / М.А. Фаддеев. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2002. – 108 с.

40. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Часть 1. Основы механики жидкости и газа : учебное пособие / А.А. Шейпак. – 3-е изд., стер. – М.: МГИУ, 2003. – 192 с.