

Шифр: «Газобалонний автомобіль»

Напрямок "Автомобілі та трактори"

**«ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОБАЛОННИХ
АВТОМОБІЛІВ ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР»**

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. Використання скрапленого вуглеводневого газу як моторного палива	3
2. Методи підтримання тиску скрапленого вуглеводневого газу в автомобільних газових балонах.....	7
3. Об'єкт досліджень	11
4. Прилади і обладнання для вимірювань.....	12
5. Методика випробувань	15
6. Результати випробувань.....	16
7. Конструктивне виконання технічних з підтримання заданого тиску скрапленого вуглеводневого газу в газовому балоні	17
Висновки	23
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	24

ВСТУП

Використання скрапленого пропан-бутанового газу (СВГ) як палива для автомобільних двигунів дає можливість збільшити ефективність експлуатації автотранспортних засобів за рахунок зменшення кількості шкідливих викидів і зниження витрат на паливо. Крім того, робота двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) на СВГ дозволяє зменшити спрацювання циліндропоршневої групи, збільшити пробіг між замінами моторної оливи, продовжити термін служби свічок запалювання та деталей системи впорскування [10].

Потім є ряд проблем забезпечення працездатності газобалонних автомобілів (ГБА) за негативних температур навколишнього повітря. Сучасні автомобілі оснащені інжекторною системою живлення ДВЗ. Контроль над забезпеченням працездатності системи впорскування газу в умовах експлуатації ГБА дозволив встановити причини зниження його працездатності. Більшість причин відбувається через зниження тиску СВГ в газовому балоні, що обумовлено наступними чинниками: 1) низькою якістю газового палива; 2) великими перепадами негативних температур навколишнього повітря.

Враховуючи тривалість періоду негативних температур навколишнього повітря в деяких регіонах України (північний-схід, зона Карпат), в цей час використання СВГ стає проблематичним. Відбувається зниження працездатності ГБА на СВГ, що тягне за собою зростання кількості шкідливих викидів, зниження показників роботи ДВЗ і збільшення витрат на паливо в результаті використання бензину як моторного палива.

Виходячи з вищезазначеного, необхідний комплекс рішень, який дозволить експлуатувати ГБА на газовому паливі за негативних температур навколишнього повітря.

1 Використання скрапленого вуглеводневого газу як моторного палива

На даний час 18-20 млн. т зрідженого пропан-бутану в рік (що складає приблизно 8,5% від світового річного споживання СВГ) використовується в світі як паливо для автотранспорту [4]. Україна переважно імпортує його з країн близького зарубіжжя.

Найпоширенішим видом альтернативного моторного палива в Україні на поточний період є СВГ, який часто називають «соціальним паливом». Використання СВГ в автомобілях дозволяє економити близько 40% коштів, які витрачаються на паливно-мастильні матеріали. Відомо, що двигун, що працює на СВГ, дає порівняно з бензиновим і дизельним двигунами в три рази менше чадного газу, в 1,6 рази – канцерогенних вуглеводнів, що складаються з частинок незгорілого палива, в 1,2 рази – двоокису азоту. Під час використання СВГ як палива не виділяються небезпечні для здоров'я людини сполуки свинцю і ароматичні полімери. В Україні на даний час експлуатується близько 1 млн. ГБА, що використовують СВГ як моторне паливо.

Розподіл парку автомобільної техніки за видами палива, які пройшли реєстрацію чи переєстрацію в сервісних центрах МВС України представлено на рисунку 1. Як видно з діаграми найбільшою популярністю користуються бензинові автомобілі (40,7%), на другому місці – обладнані газовою паливною апаратурою (33,4%). Поясненням цьому є висока вартість рідкого моторного палива, що змушує власників транспортних засобів переобладнувати їх для роботи на газовому паливі. Споживачами СВГ також є мікроавтобуси, задіяні в організації пасажирських перевезень. Значна частина легкового транспорту працюють як таксі в Україні переведена на СВГ [6].

Практично у всіх регіонах України є розвинена інфраструктура для використання скрапленого нафтового газу на автомобільному транспорті, тому застосування СВГ як моторного палива вважається перспективним.

ПОПУЛЯРНІСТЬ АВТО ЗА ТИПОМ ПАЛЬНОГО

за кількістю реєстраційних дій протягом 2018 року

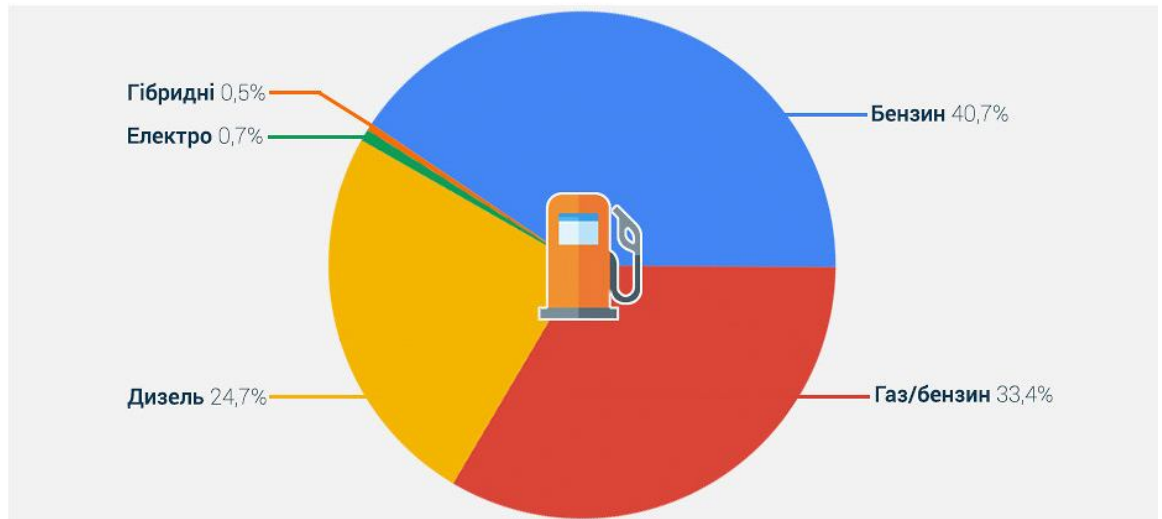


Рисунок 1 – Розподіл парку автомобільної техніки за видами застосовуваного палива

З огляду на зростаючі екологічні та економічні вимоги до автомобільного транспорту сучасні автомобілі оснащуються інжекторною системою живлення ДВЗ. Для забезпечення встановлених екологічних та економічних вимог під час роботи ДВЗ ГБА на СВГ застосовують системи впорскування газу 4-го покоління газобалонного обладнання (ГБО). Розподіл ГБО за типом на представлено на рисунку 2. Досить великий відсоток ежекційного ГБО обумовлений значним віком рухомого складу. Сучасні автомобілі на 100% оснащуються інжекторним ГБО (як правило 4-ого покоління) [7].

Використання систем 4-го покоління ГБО на автомобілях дозволяє підвищити ефективність експлуатації ГБА за рахунок зменшення кількості

шкідливих викидів, зниження спрацювання ДВЗ і зниження витрат на паливо.

Під час експлуатації ГБА оснащених 4-им поколінням ГБО виникає ряд проблем забезпечення працездатності ГБА, більшість з яких відбувається через зниження тиску СВГ у газовому балоні.

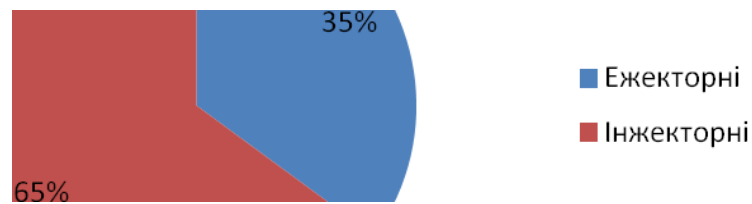


Рисунок 2 – Розподіл ГБО за типом системи живлення [7]

На сьогоднішній день наявні наукові дослідження не дозволяють оцінити працездатність впорскувальних систем живлення ДВЗ ГБА, оскільки в цих дослідженнях розглядаються вузли, що визначають працездатність ежекційних систем живлення. Отже, необхідно оцінити працездатність впорскувальних систем живлення ДВЗ ГБА у заданих умовах.

Провівши огляд літературних джерел [5, 8, 10, 12] стосовно забезпечення безперебійної роботи системи впорскування газу в умовах експлуатації ГБА, були встановлені причини зниження тиску СВГ в газовому балоні, які обумовлені наступними чинниками:

- 1) низька якість газового палива;
- 2) великі перепади негативних температур навколишнього повітря (як за часом року, так і протягом доби).

Досвід експлуатації ГБА [11] показав, що найкращі показники (перш за все екологічні) можуть бути отримані тільки за умови суворої регламентації компонентного складу СВГ, що використовується як моторне паливо.

У реальних умовах експлуатації вміст пропану в СВГ може сильно змінюватися від заправки до заправки. Відповідно, будуть змінюватися фізико-хімічні та експлуатаційні показники СВГ, а отже екологічні та економічні показники ДВЗ ГБА.

Експериментально встановлено, що під час подачі СВГ через газові форсунки для забезпечення безперебійної роботи ДВЗ ГБА необхідно забезпечити мінімальний надлишковий тиск насичених парів газу в газовому балоні 0,15 МПа [10].

Аналіз даних на рисунку 3 показує, що мінімально можлива температура, за якої дотримуються вимоги до роботи системи впорскування двигуна на ПА становить -20°C , а на ПБА -5°C .

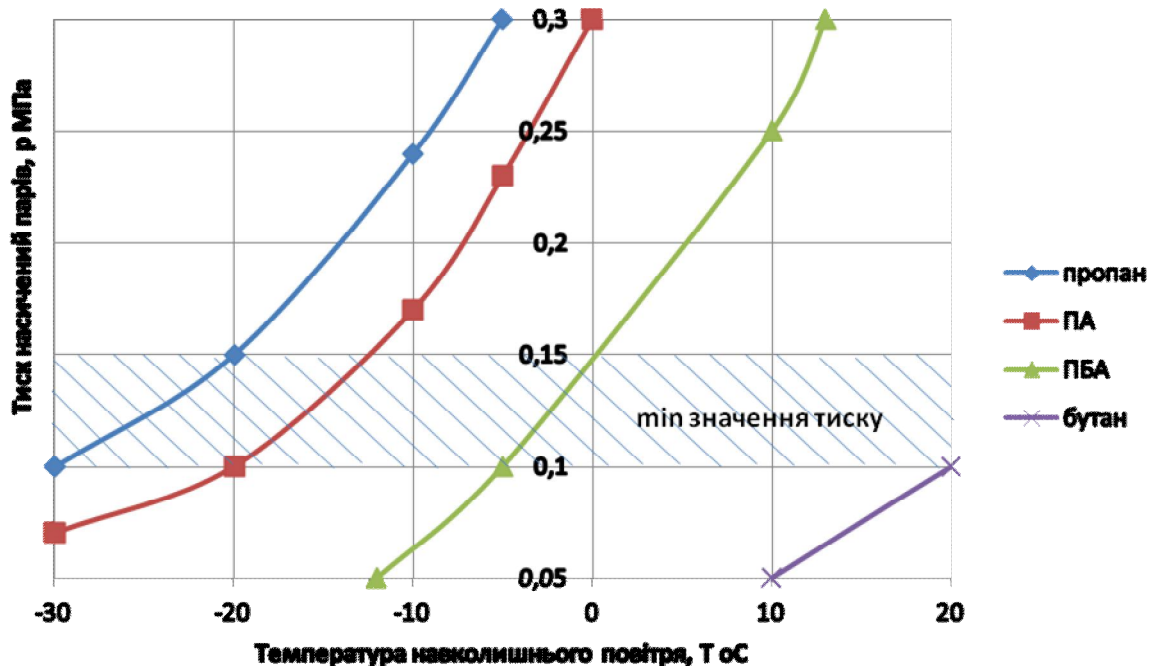


Рисунок 3 – Зміна тиску насичених парів СВГ залежно від температури навколишнього повітря: 1-пропан, 2 - ПА, 3 - ПБА, 4 - бутан [11].

З огляду на тривалість періоду негативних температур, наприклад, в північно-східних областях України, гірській зоні Карпат, використання газового палива на автомобілі стає проблематичним протягом 3-5 місяців залежно від компонентного складу СВГ.

Можна стверджувати що, протягом 3-5 місяців (в залежності від марки палива, яке може відрізнятися на різних АГЗС) виникає зниження працездатності ГБА, що призводять до використання бензину як моторного палива. Це призводить не тільки до погіршення екологічних та економічних показників роботи ГБА, а й до збільшення часу простою ГБА з технічних несправностей. Якщо ГБА задіяний в організації перевезень, то це може привести до зриву транспортного процесу.

Для збільшення часу роботи ГБА на СВГ, а значить і працездатності ГБА, необхідний комплекс рішень, що дозволить експлуатувати автомобіль на газовому паливі за негативних температур навколишнього повітря.

2 Методи підтримання тиску скрапленого вуглеводневого газу в автомобільних газових балонах

Для забезпечення працездатності ГБА на СВГ за негативних температур навколишнього повітря на даний час у Європі, Америці, Японії, Кореї та ряді інших країн підтримують тиск СВГ у газовому балоні за допомогою насоса (рідке фазове розподілене вприскування (5-е покоління ГБО)) [7, 14].

П'ятим поколінням, як правило, називають розробку нідерландської фірми Vialle – Vialle Lpi (рисунок 4). Відмінність цієї системи від 4-го покоління ГБО полягає в тому, що СВГ у двигун вприскується в рідкій фазі. У всіх системах, які використовувалися раніше, газ подавався у двигун автомобіля під власним тиском, у стані пари. Для того щоб подача газу в рідкій фазі під стабільним тиском стала можливою, в балон систем 5-го покоління встановлюється насос [4, 7].

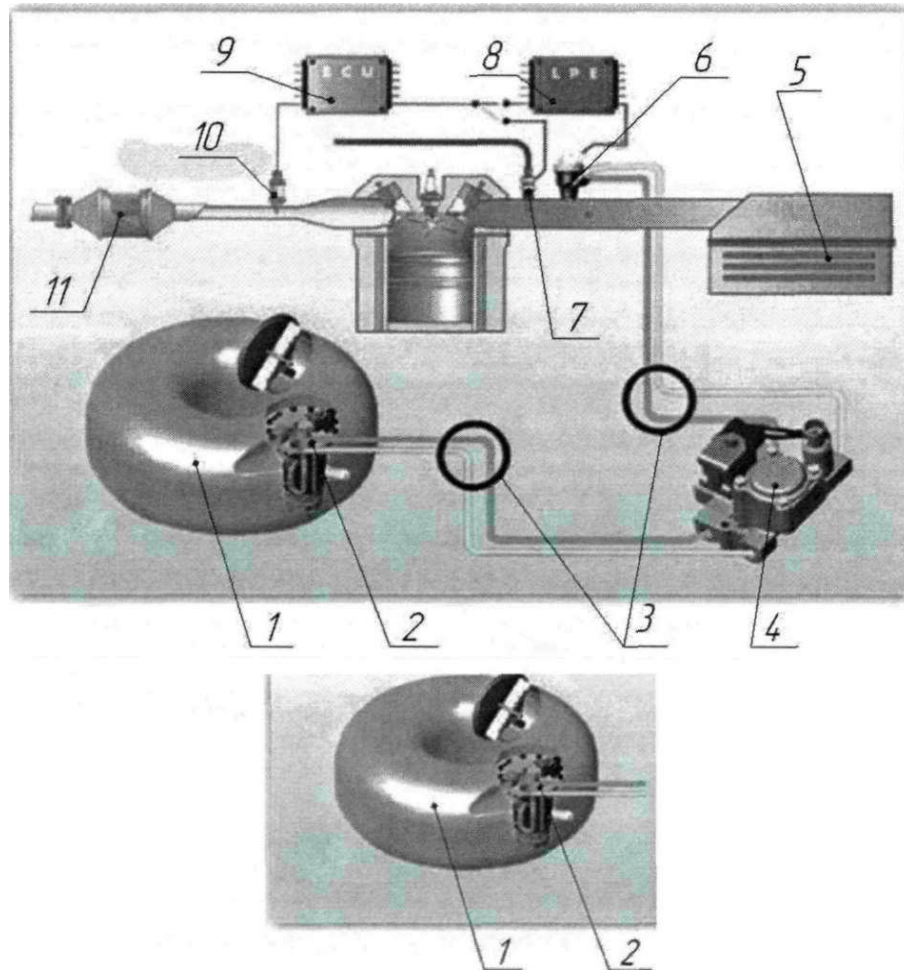


Рисунок 4 – Схема п'ятого покоління ГБО:

1 - газовий балон, 2 - газовий насос, 3 - синтетичні трубки, 4 - регулятор тиску, 5 - повітряний фільтр, 6 - LPG інжектор, 7 - бензинова форсунка, 8 - газовий блок управління, 9 - бензиновий блок управління, 10 - сенсор лямбда зонда, 11 - каталізатор [7]

На сьогоднішній день Vialle Lpi є найбільш прогресивною з усіх наявних систем ГБО. Проте, і вона має ряд серйозних недоліків: часто виходить з ладу (особливо насос і електронна плата його управління), дуже вимоглива до якості (чистоти) газу, вартісна в обслуговуванні. Часто вартість заміни насоса, що вийшов з ладу в балоні Vialle Lpi, спільномірна з вартістю установки на автомобіль системи 4-го покоління. В той же час переваги вприскування рідкої фази газу в двигун перед випаровуванням не очевидні [10].

Всі ці недоліки практично перекреслюють її переваги в експлуатаційних умовах України і тому згадане газобалонне обладнання не знайшло широкого застосування.

Одним з методів підтримання тиску СВГ в газовому балоні є підведення тепла від відпрацьованих газів (рисунок 5). Це досить потужне джерело теплової енергії, яке має високу якість, про що свідчать висока температура, значна швидкість і великі обсяги відпрацьованих газів, що викидаються у навколишнє середовище. Відпрацьовані гази є високопотенційним, концентрованим вторинним енергетичним ресурсом двигуна.

Прикладом може служити конструкція пристрою [10], в якому здійснюється спрямування теплоти відпрацьованих газів двигуна до контуру, в якому знаходиться газовий балон і через нього здійснюється підігрів СВГ з метою створення надлишкового тиску парів СВГ в балоні для забезпечення працездатності ГБА за негативних температур навколишнього повітря.

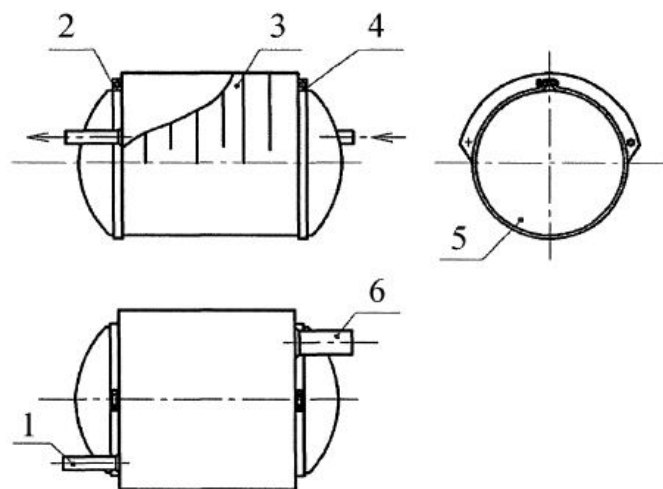


Рисунок 5 – Контур спрямування відпрацьованих газів двигуна на автомобільний газовий балон:

1 - патрубок відводу відпрацьованих газів з контуру; 2 і 4 - стяжні хомути; 3 - контур утилізації відпрацьованих газів двигуна; 5 - автомобільний газовий балон з СВГ; 6 - патрубок підведення відпрацьованих газів в контур

Розроблена конструкція утилізаційного контуру для підігріву газового балона з СВГ теплом відпрацьованих газів двигуна відрізняється високою експлуатаційною надійністю, але має велику інертність в роботі, не має системи контролю тиску СВГ і крім того, описаний метод прийнятний лише для автомобілів у яких газовий балон розташований на рамі вантажного автомобіля. Через вказані недоліки даний метод підтримання тиску СВГ в балоні фактично не застосовується на практиці.

Також одним із методів підтримання тиску СВГ у газовому балоні за негативних температур навколишнього повітря є який-небудь зовнішній електронагрівальний контур (рисунок 6) [2], який щільно притискається зверху до газового балона хомутами таким чином, що електронагрівальний контур охоплює нижню половину циліндричної частини газового балона. Джерелом живлення такого електронагрівального контуру є генераторна установка автомобіля.

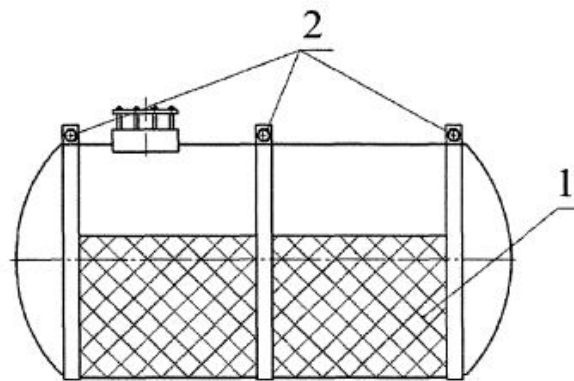


Рисунок 6 – Схема розташування електронагрівального контуру на автомобільному газовому балоні:

1 - електронагрівальний контур; 2 - стяжні хомути

Такий метод актуальний тільки для легкових автомобілів з розташуванням газового балона у багажному відсіку автомобіля, він має велику інертність в роботі, не має системи контролю тиску СВГ. Практичної перевірки даний метод не проходив.

3 Об'єкт досліджень

Об'єктом експериментальних досліджень є комплекс технічних рішень з підтримання заданого тиску СВГ в газовому балоні для системи живлення ДВЗ. Фрагмент цієї системи, а саме, газовий балон з пристроєм для підтримання заданого тиску СВГ, є предметом детального дослідження. Принципова схема і загальний вид експериментальної установки представлена на рисунку 7 і 8.

В експериментальній установці використовувався трубчастий електронагривач (ТЕН) з споживаною потужністю - 0,8 кВт.

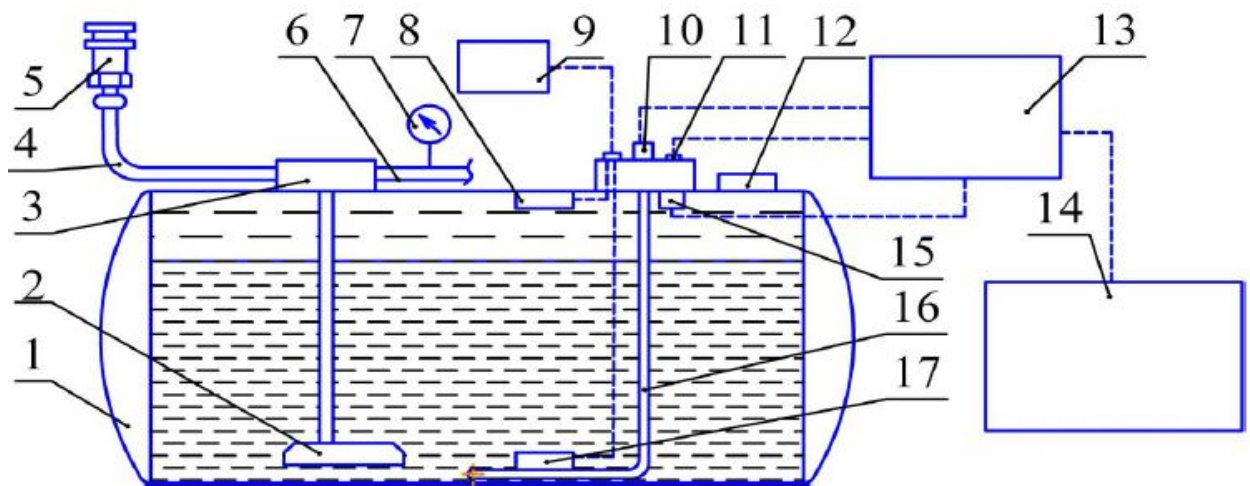


Рисунок 7 – Принципова схема експериментальної установки:

1 - газовий балон; 2 - вхідний газовий фільтр; 3 - блок арматури; 4 - заправна магістраль; 5 - виносний заправний пристрій; 6 - витратна магістраль; 7 - зразковий манометр; 8 - термопара парової фази; 9 - вимірювач температури; 10 - клеми ТЕН; 11 - сенсор для контролю тиску СВГ; 12 - лабораторний термометр; 13 - блок відключення пристрою для підтримання заданого тиску СВГ у випадку збільшення тиску вище заданого і вироблення газу з балона; 14 - джерело живлення (АКБ і генераторна установка); 15 - сенсор рівня газу; 16 - трубчастий електронагривач; 17 - термопара рідкої фази



Рисунок 8 – Загальний вигляд експериментальної установки

4 Прилади і обладнання для вимірювань

З метою оцінки працездатності комплексу технічних рішень з підтримання заданого тиску СВГ в газовому балоні були проведені випробування. Перед випробуванням були встановлені граничні умови експерименту:

- напруга на нагрівачі: 12В;
- сила струму нагрівального елемента: 67А;
- гранична потужність ТЕН: 0,8 кВт;
- об'єм газового балона: 50л;
- об'єм СВГ: 40л;

- склад СВГ. Компонентний склад СВГ за масою, що знаходиться в експериментальній установці: $\text{CH}_4 = 0,324\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,173\%$; $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH} = 0,114\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 42,978\%$; $\text{CH}_3\text{SH} = 1,031\%$; $\text{H}_2\text{S} = 0,793\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 54,587\%$.

Склад СВГ визначався за допомогою хроматографа моделі АХТ-СЖ (рисунок 9), який призначений для кількісного визначення компонентного складу зріджених нафтових газів. Для зручності в подальших розрахунках

будемо використовувати відсоткове співвідношення бутану і пропану: 33% пропану, 67% бутану.



Рисунок 9 – Хроматограф для визначення компонентного складу СВГ АХТ-СЖ

Для вимірювання температури повітря застосовувався ртутний, скляний лабораторний термометр ТМ-1. Основні технічні характеристики термометра ТМ-1 представлені в таблиці 1

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики термометра ТМ-1

Параметр	Значення
Марка термометра	ТМ-1
Температура вимірювання, °С	-35-50
Ціна поділки шкали, °С	0,5
Похибка вимірювань, °С	±1
Термометрична рідина	Ртуть

Для вимірювання температури фаз СВГ був використаний перетворювач термоелектричний (ТХА 9608-03), представлений на рисунку 10.

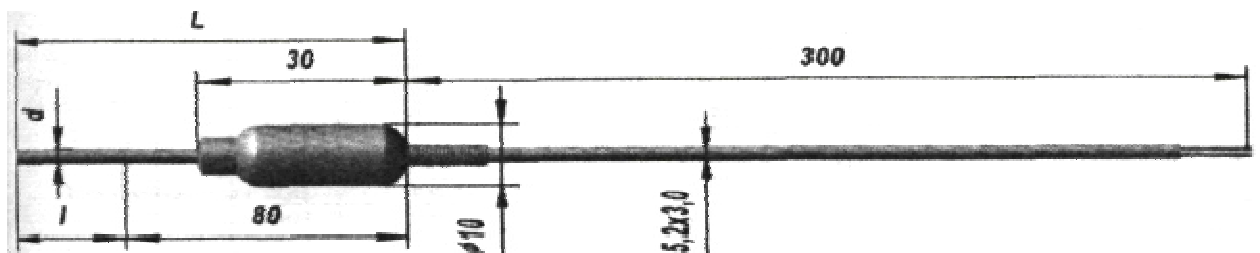


Рисунок 10 – Перетворювач термоелектричний ТХА 9608-03

Основні технічні характеристики перетворювача термоелектричного ТХА 9608-03 представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні технічні характеристики перетворювача термоелектричного ТХА 9608-03

Параметр	Значення
Тип	ТХА 9608
Вид кліматичного виконання	УЗ
Робочий діапазон вимірювання температури, °С	-50÷100
Межі допустимих відхилень, °С	±2,5
Ціна поділки, °С	0,1
Показник теплової інерції, с, не більше	2,5

Для отримання значень температури з ТХА 9608-03 був використаний портативний вимірювач температури. Прилад дозволяє спільне калібрування з конкретними сенсорами температури, що знижує похибку вимірювання.



Рисунок 11 – Вимірювач температури портативний ИТПЦ

Для вимірювання тиску СВГ в балоні використовувався зразковий манометр МТИ-1511. Манометри точних вимірювань призначені для вимірювання надлишкового тиску рідин, газів і парів.

Основні технічні характеристики манометра точних вимірювань МТИ-1511 представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Основні технічні характеристики манометра точних вимірювань МТИ-1511

Параметр	Значення
Тип	МТИ-1511
Діапазон температур, °С	-50÷60
Ступінь захисту приладу	IP40 за ГОСТ 14254-96
Діапазон показів, МПа	0÷1,6
Ціна поділки, МПа	0,0064
Клас точності	0,6

Для вимірювання часу роботи ТЕН був використаний секундомір механічний СОПр-2-010.

Основні технічні характеристики секундоміра механічного СОПр-2-010 представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Технічні характеристики секундоміра механічного СОПр-2-010

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

5 Методика випробувань

Експеримент проводився наступним чином. Газовий балон знаходився на відкритому повітрі впродовж 3 годин. Перед увімкненням пристрою для підтримання заданого тиску СВГ в газовому балоні, фіксувалася температура навколишнього повітря за допомогою термометра ТМ-1, температура рідкої і парової фази за допомогою ТХА 9608-03, тиск СВГ в автомобільному газовому балоні за допомогою манометра МТИ-1511. Після чого вмикалася експериментальна установка. Через кожні 2 хвилини, згідно показів секундоміра СОПр-2-010, проводилися заміри тиску насичених парів СВГ в балоні. Після чого на газовому балоні з пристроєм для підтримання заданого тиску СВГ монтувався теплоізоляційний кожух і проводилися повторні випробування.

Експеримент проводився в чотирикратній повторності за температури навколишнього повітря $-26,7 < t_{\text{навк}} < -30,6$ °С, з балоном ємністю 50 л, заповненому СВГ на 40л, 30л, 20л і 10л.

6 Результати випробувань

В результаті проведеного експерименту були отримані дані про зміну тиску насичених парів СВГ від часу роботи пристрою для підтримання заданого тиску СВГ в балоні за різних об'ємів СВГ в балоні.

Математична обробка експериментальних даних проводилась за методиками [1, 13] з довірчою ймовірністю $\alpha = 0,90$ і кількістю експериментів $n = 5$.

Отримані під час експериментів результати досліджень використовувалися для побудови графічних залежностей досліджуваних параметрів від величини варійованих чинників (рисунок 12, 13).

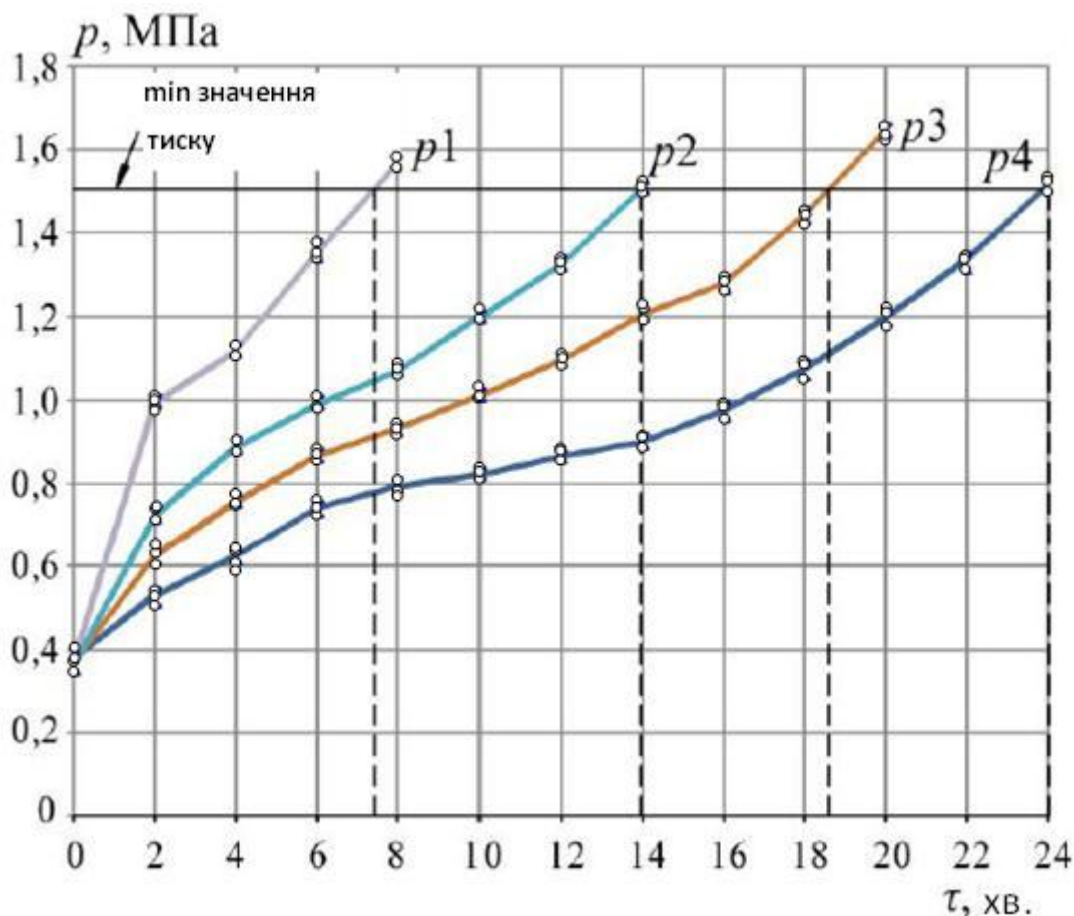


Рисунок 12 – Зміна тиску насичених парів СВГ в залежності від часу роботи пристрою для підтримання тиску СВГ без застосування теплоізоляції:

p_1 - крива тиску для $V_{СВГ} = 10$ л, МПа; p_2 - крива тиску для $V_{СВГ} = 20$ л, МПа;

p_3 - крива тиску для $V_{СВГ} = 30$ л, МПа; p_4 - крива тиску для $V_{СВГ} = 40$ л, МПа

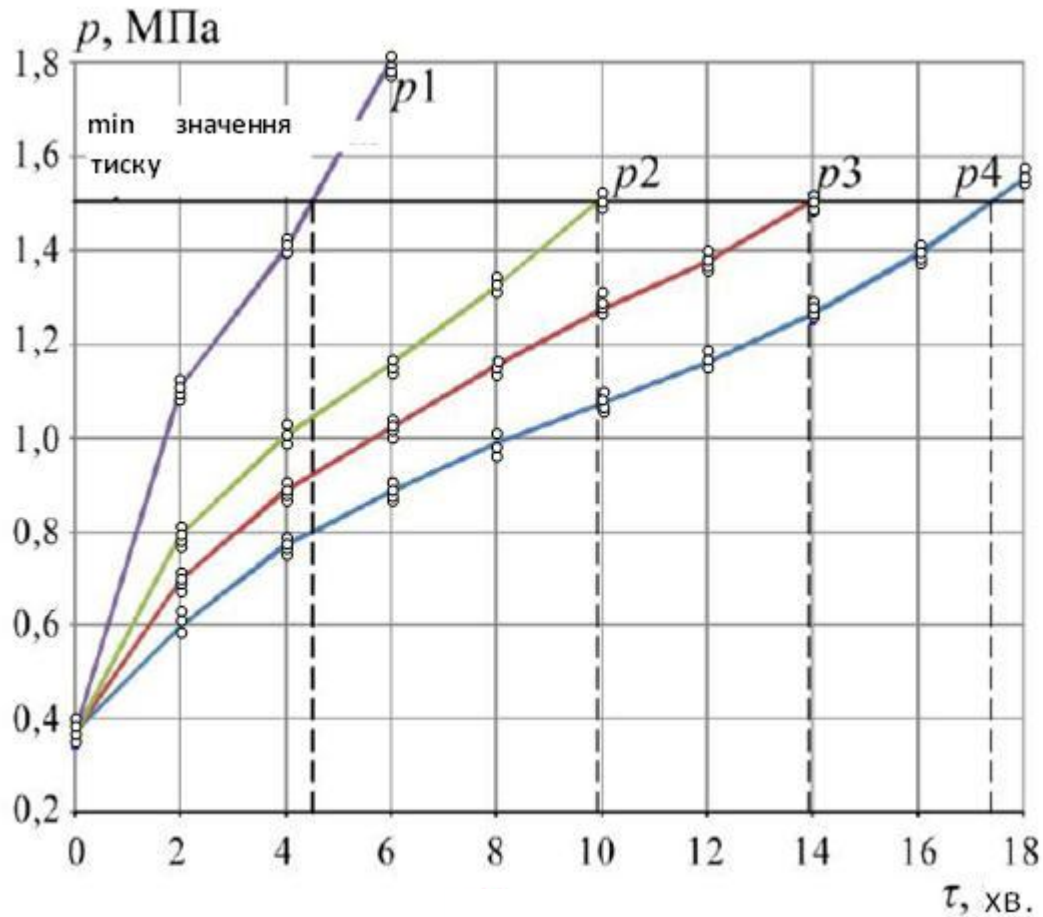


Рисунок 13 – Зміна тиску насичених парів СВГ в залежності від часу роботи пристрою для підтримання тиску СВГ із застосуванням теплоізоляції:

$p1$ - крива тиску для $V_{СВГ} = 10\text{л}$, МПа; $p2$ - крива тиску для $V_{СВГ} = 20\text{л}$, МПа;
 $p3$ - крива тиску для $V_{СВГ} = 30\text{л}$, МПа; $p4$ - крива тиску для $V_{СВГ} = 40\text{л}$, МПа

Представлені графічні залежності дозволяють визначити час, необхідний для збільшення тиску насичених парів СВГ до 0,15 МПа для різних об'ємів СВГ в балоні, із застосуванням і без застосування теплоізоляції.

7 Конструктивне виконання технічних рішень з підтримання заданого тиску скрапленого вуглеводневого газу в газовому балоні

Комплекс конструктивних елементів з підтримання заданого тиску СВГ в газовому балоні містить:

1. Автомобільний газовий балон з додатковим фланцем.
2. Теплоізоляція автомобільного газового балона з додатковим фланцем.
3. Пристрій для підтримання заданого тиску СВГ в автомобільному газовому балоні.

3.1. Трубчастий електронагрівач.

3.2. Блок кріплення трубчастого електронагрівача до додаткового фланця автомобільного газового балона.

3.3. Електрична схема відключення пристрою для підтримання заданого тиску СВГ у випадку збільшення тиску вище заданого і вироблення газу.

Розглянемо вимоги, що ставляться до елементів розробленого комплексу технічних рішень.

Автомобільний газовий балон з додатковим фланцем.

Конструктивне виконання ТЕН залежить від місця розташування ТЕН в газовому балоні. Для установки ТЕН необхідно провести доопрацювання газового балона, що полягає в установці на балоні додаткового фланця, аналогічного фланцю, призначеного для блоку арматури (рисунок 14).

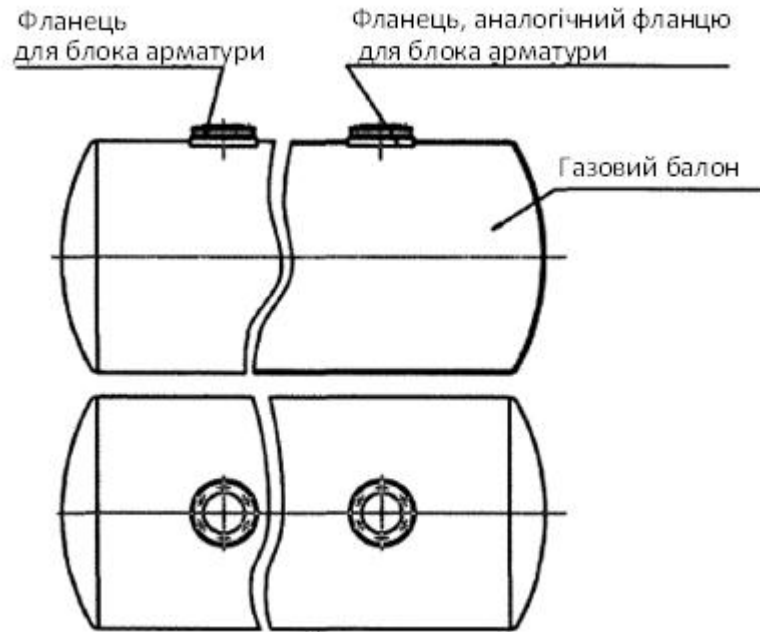
Під час розміщення додаткового фланця необхідно дотримуватися наступних умов: ТЕН повинен бути розміщений в газовому балоні таким чином, щоб він знаходився в рідкій фазі в зануреному стані, нагрівальна частина ТЕН повинна розташовуватися поблизу трубки забору газу блоку арматури для найбільш ефективного використання нагрівача, доступ до фланця після монтажу балона повинен бути вільним.

Після доопрацювання газового балона необхідно провести випробування на герметичність. Випробування проводяться згідно з розрахунком на міцність гвинтів кріплення додаткового фланця для газового балона.

Приклад розрахунку на міцність гвинтів кріплення [9]:

Вихідні дані:

1. Гвинт М5.
2. Кількість гвинтів - 6 шт.
- 3 Тиск газу - 2,5 МПа
4. Діаметр отвору 48 мм.



а)



б)

Рисунок 14 – Автомобільний газовий балон з додатковим фланцем:

а) схема автомобільного газового балона з встановленим додатковим фланцем, б) загальний вигляд автомобільного газового балона з встановленим додатковим фланцем

Площа отвору $\varnothing 48$ мм:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1)$$

де D - діаметр отвору, см.

$$S = \frac{3,14 \cdot 4,8^2}{4} = 18,09 \text{ см}^2.$$

Зусилля, що діє на фланець:

$$F_{\phi} = S \cdot P, \quad (2)$$

де P - тиск газу, кгс/см².

$$F_{\phi} = 18,09 \cdot 25 = 452 \text{ кг.}$$

Зусилля, що діє на один гвинт:

$$F_{\epsilon} = \frac{F_{\phi}}{n}. \quad (3)$$

де n – кількість гвинтів, шт..

$$F_{\epsilon} = \frac{452}{6} = 75 \text{ кг.}$$

Приймаємо осьову силу на гвинт $F_{\epsilon} = 100$ кг.

1. Розрахунок на розтяг

Розрахунковий діаметр стержня (внутрішній діаметр різьби d_p)

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\epsilon}}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (4)$$

де $[\sigma_p]$ - граничний розтяг, для сталі 30 $[\sigma_p] = 1400$ кгс/см² [9].

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3,14 \cdot 1400}} = 0,3 \text{ см} = 3 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр різьби М5 $d_p = 4,1$ мм. Умова дотримується.

2. Розрахунок на зріз

Напруження зрізу на різьбі:

$$\tau = \frac{F_{\epsilon}}{\pi \cdot d_p \cdot k \cdot H \cdot k_m} \leq [\tau_{зр}], \quad (5)$$

де H - робоча висота різьби, см; k - коефіцієнт повноти різьби; k_m - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по витках різьби через помилки кроку; $[\tau_{зр}]$ - максимальне напруження зрізу, для металу сталь 30, $[\tau_{зр}] = 850$ кгс/см² [9].

$$\tau = \frac{100}{3,14 \cdot 0,41 \cdot 0,87 \cdot 1,5 \cdot 0,55} = 108,2 \text{ кгс/см}^2.$$

Умова дотримується, оскільки $108,2 < 850$.

На рисунку 15 показано місце розташування ТЕН в газовому балоні на прикладі 50-літрового циліндричного автомобільного балона.

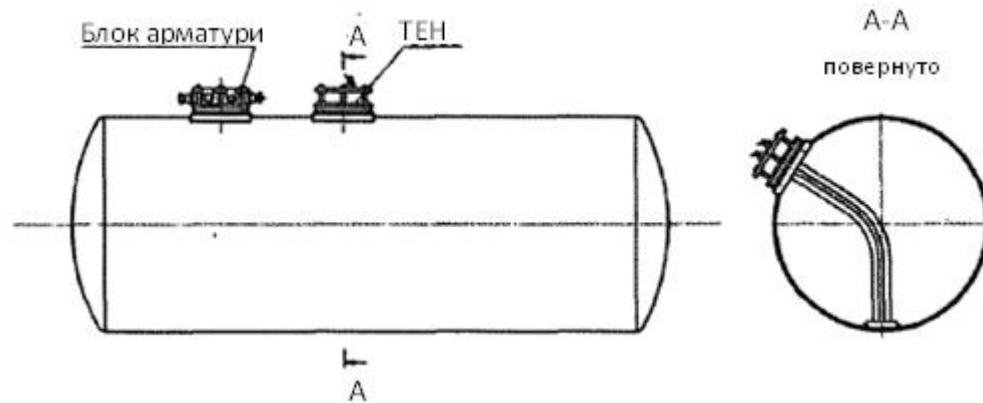


Рисунок 15 – Розташування ТЕН в балоні

У даних дослідженнях був випробуваний варіант оболонки ТЕН з міді, оскільки оболонку з фторопласту виготовити не виявилось можливим.

Пристрій для підтримання заданого тиску СВГ

На рисунку 16. представлена схема конструкції пристрою.

З'єднання ТЕН з блоком кріплення може здійснюватися різними способами (розглянемо найпоширеніші): зварюванням аргоном; за допомогою латунних конусних муфт; із застосуванням розвальцьовування кінця трубки з зовнішнім конусом 74° на штуцері і внутрішнім конусом 66° на сталевому ніпелі [10]. З'єднання ТЕН із застосуванням розвальцьовування кінця трубки з зовнішнім конусом 74° на штуцері і внутрішнім конусом 66° на сталевому ніпелі в даних умовах неможливо, оскільки розвальцьовувати зовнішню частину ТЕН заборонено [3].

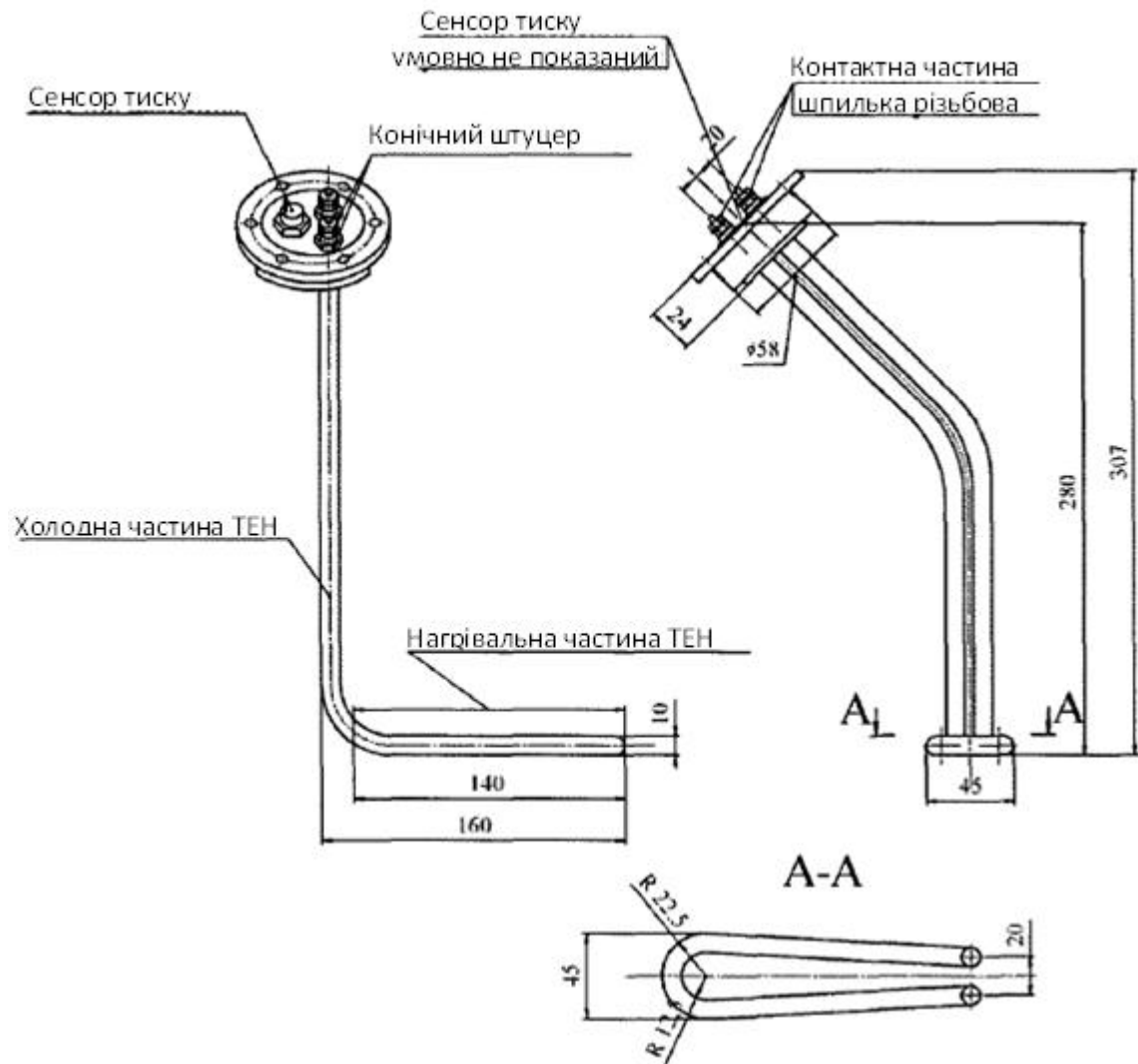


Рисунок 16 – Схема пристрою для підтримання заданого тиску СВГ у газовому балоні

З'єднання ТЕН з блоком кріплення за допомогою латунних конусних муфт видається найраціональнішим для ТЕН з мідною оболонкою, оскільки даний спосіб використовується для кріплення витратного і заправного трубопроводів до блоку арматури.

Висновки

Результати досліджень свідчать про наступне:

1. За умови негативних температур навколишнього повітря відбувається зниження тиску насичених парів СВГ в газовому балоні. За даних умов використання СВГ як моторного палива стає проблематичним, в результаті чого відбувається зниження ефективності роботи ГБА.

2. Аналіз методів для підтримання тиску СВГ виявив відсутність універсального методу підтримання тиску СВГ в автомобільному газовому балоні, який б дозволив підтримувати тиск СВГ у заданих межах.

3. Огляд виконаних досліджень виявив, що найприйнятнішим рішенням підтримання тиску СВГ в автомобільному газовому балоні за негативних температур навколишнього повітря є випаровування рідкої фракції СВГ.

4. Як показує практика і дослідження найпридатнішим для випаровування рідкої фракції СВГ в автомобільному газовому балоні є трубчастий електронагрівач.

5. Обґрунтовані та розроблені конструктивні рішення з підтримання заданого тиску СВГ в газовому балоні. Експериментальні дослідження підтвердили працездатність запропонованих конструктивних рішень. Запропоновані конструктивні зміни дозволяють підтримувати тиск в заданому інтервалі за негативних температур навколишнього повітря. Під час експерименту для електронагрівача потужністю 0,8 кВт за температури навколишнього повітря мінус 30 ° С, об'ємі скрапленого вуглеводневого газу в газовому балоні 10 літрів потрібно 7,4 хвилини для збільшення тиску до 0,15 МПа, в балоні наповненому на 20 літрів – 14 хвилин, на 30 літрів – 18,5 хвилин, на 40 літрів – 24 хвилини. Аналогічні показники у випадку застосування теплоізоляції балонів становлять – 4,5 хвилин; 9,8 хвилин; 13,9 хвилин і 17,5 хвилин.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Баврин И.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Высшая школа, 2005. 160 с.
2. Бобров Ю.Я., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Москва: ИНФРА-М, 2003. 268 с.
3. ГОСТ 13268-88. Электронагреватели трубчатые. Технические условия. Москва: Издательство стандартов, 1988. 16 с.
4. Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для вузов. Москва: Горячая линия-Телеком, 2011. 598 с.
5. Ерохов В.И. Легковые газобаллонные автомобили: устройство, переоборудование, эксплуатация, ремонт. Москва: Академкнига, 2003. 283 с.
6. Жарова О.М. Типові задачі з економіки автотранспорту. Київ: Вища школа, 1991. 223 с.
7. Золотницкий В.А. Новые газотопливные системы автомобилей. Москва: Третий Рим, 2005. 64 с.
8. Лосавио Г. С. Эксплуатация автомобилей при низких температурах. Москва: Транспорт, 1973. 117 с.
9. Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. Деталі машин: підручник Київ: Агроосвіта, 2013. 448 с.
10. Певнев Н.Г., Гурдин В.И., Банкет М.В. Повышение эффективности эксплуатации газобаллонных автомобилей в зимнее время года. *Транспорт на альтернативном топливе*. 2012. №1 (25). С. 74-77.
11. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. Москва: Нефть и газ, 2009. 640 с.
12. Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Т. Приспособленность автомобилей к низким температурам воздуха. Тюмень: ТГУ, 1985. 105 с.

13. Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. Москва: Колос, 1994. 169 с.

14. Kazimierz Lejda, Artur Jaworski. Influence of liquid LPG injection change pressure on the injection control. Department of Automotive Vehicles and Internal Combustion Engines. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. - OL PAN, 2008, 8, 141-148.

Анотація

Практика експлуатації газобалонних автомобілів за низьких температур навколишнього середовища показує про зниження їх працездатності в результаті зниження тиску насичених парів скрапленого газу. Метою роботи є забезпечення працездатності газобалонних автомобілів за негативних температур навколишнього повітря шляхом підтримання тиску скрапленого вуглеводневого газу в автомобільному газовому балоні в заданих межах.

Розкрита перспективність використання скраплених вуглеводневих газів як моторного палива, його переваги та недоліки. Вказано на проблеми забезпечення працездатності газобалонних автомобілів за низьких температур навколишнього повітря. Даний аналіз методів для підтримання тиску скрапленого вуглеводневого газу. Показана перспективність застосування електричних нагрівачів для підтримання тиску скрапленого вуглеводневого газу в газовому балоні у заданих межах.

26 с.; табл. 4; рис. 16; бібліогр. джерел 14.

Ключові слова: скраплений газ, газобалонний автомобіль, тиск насичених парів, трубчатий електронагрівач, газовий балон.