

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра АТМ

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОБАЛОННИХ  
АВТОМОБІЛІВ МІСЬКОГО КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «АВАРІЙНО-  
ДИСПЕТЧЕРСЬКА СЛУЖБА» В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Керівник роботи к.т.н., ст. викл.

Галушак Д.О.

Розробив студент гр. 1АТ-17м

Коростій О.А.

Вінниця ВНТУ 2019

# *Мета і завдання дослідження*

**Мета роботи** – забезпечення працездатності газобалонних автомобілів при низьких температурах навколишнього середовища шляхом підтримки тиску ЗНГ в автомобільному газовому балоні в заданих межах на прикладі комунального підприємства «Аварійно-диспетчерська служба».

**Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:**

- визначення способу підтримки тиску ЗНГ в автомобільному газовому балоні в заданих межах при низьких температурах навколишнього середовища;
- розробка принципової схеми системи підтримки тиску ЗНГ в автомобільному газовому балоні в заданих межах при низьких температурах навколишнього середовища;
- розробка рекомендацій по експлуатації газобалонних автомобілів обладнаних системою підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні;
- визначення економічної ефективності розробок;
- розробка заходів щодо забезпечення необхідного рівня охорони праці та праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – процес функціонування системи живлення двигуна газобалонного автомобіля, а саме закономірності зміни тиску ЗНГ в автомобільному газовому балоні при низьких температурах навколишнього середовища.

**Предмет дослідження** – система живлення двигуна газобалонного автомобіля при використанні ЗНГ в якості палива, в тому числі з комплексом технічних рішень з підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні.

**Наукова новизна:**

- дістали подальшого розвитку підходи та принципи розрахунків необхідної кількості тепла для підтримки заданого тиску ЗВГ в газовому балоні;




- методика визначення необхідної потужності ТЕН для підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні.

**Практичне значення одержаних результатів**

Розроблені заходи по зниженню втрат теплової енергії газового балона, що виробляється трубчастим електронагрівачем; принципова схема системи підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні; рекомендації по експлуатації газобалонних автомобілів обладнаних системою підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні.

## Аналіз рухомого складу міського комунального підприємства «Аварійно-диспетчерська служба»

### Рухомий склад підприємства

Найменування	Рік випуску	Кількість, од	Тип палива	Примітки
Мікроавтобуси				
ГАЗ 2705 «Газель»	2014	5	Газ (пропан-бутан) /бензин	
ГАЗ 2705 «Газель»	2005	1	Бензин	
Вантажні автомобілі				
ЗІЛ 4331 (самоскид-маніпулятор)	2001	1	Дизель	
ГАЗ СА3-3507	-	1	Газ (метан)/бензин	
ЗІЛ 130	-	1	Газ (метан)/бензин	
ГАЗ 3309 (автовишка)	-	1	Дизель	
Легкові автомобілі				
ВІС 2345	2001	1	Газ (пропан-бутан) /бензин	
ГАЗ-3110 Волга	2002	1	Газ (пропан-бутан) /бензин	

# Використання зрідженого нафтового газу в якості моторного палива на сучасному етапі

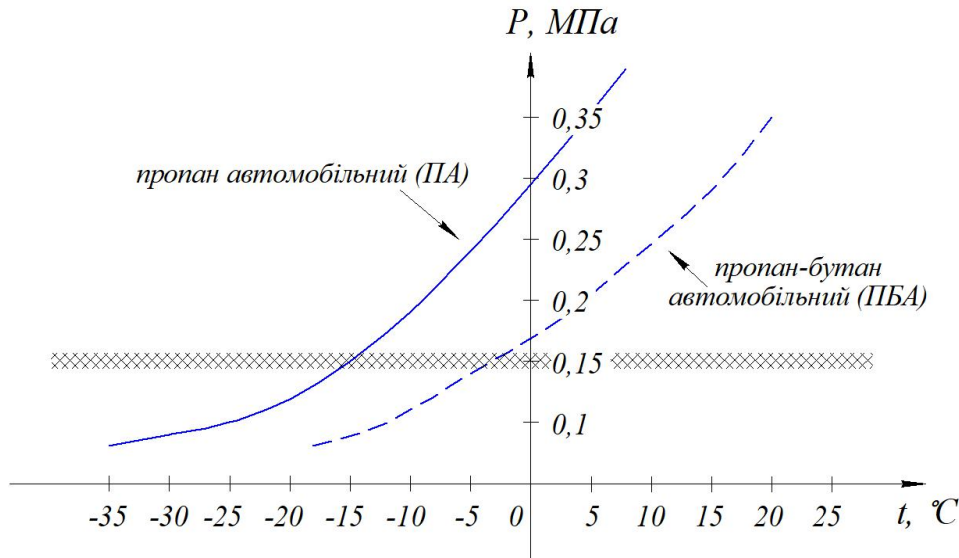
При використанні ЗНГ в двигунах викиди шкідливих речовин в порівнянні з бензиновими і дизельними двигунами зменшуються:

- викиди монооксиду вуглецю (CO) – в 3 рази;
- канцерогенні вуглеводні, що складаються з частинок незгорілого палива (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) - в 1,6 рази;
- викиди двоокису азоту (CO<sub>2</sub>) - в 1,2 рази.

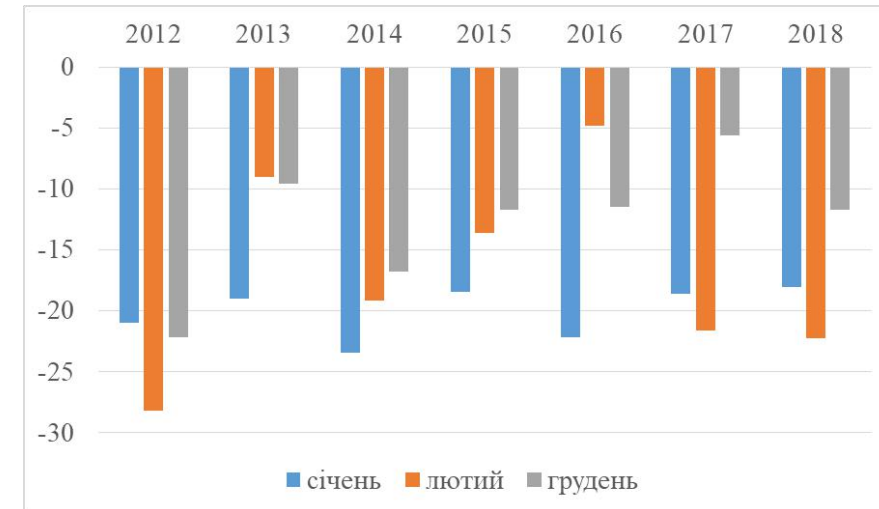
ДСТУ EN 589:2017 «Палива автомобільні. Газ нафтовий скраплений. Технічні вимоги та методи контролювання» передбачає випуск двох марок ЗНГ для автомобільного транспорту:

ПА - пропан автомобільний (вміст пропану 70-90%, застосовується в зимовий період)

ПБА - пропан-бутан автомобільний (вміст пропану 50-60%, застосовується в літній період).



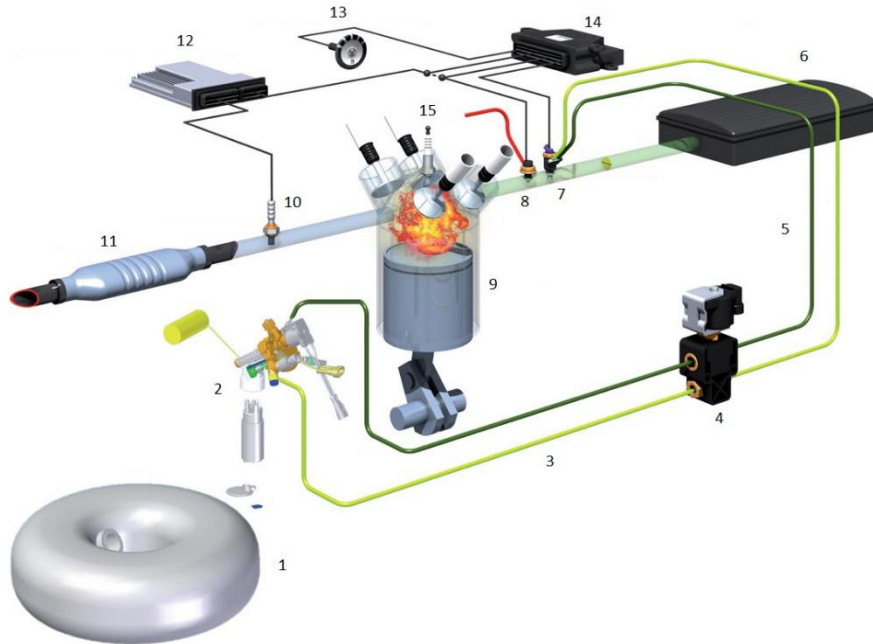
Залежність тиску насичених парів ЗНГ від температури навколишнього повітря



Значення мінімальних температур повітря навколишнього середовища у Вінницькій області за 2012-2018 рр

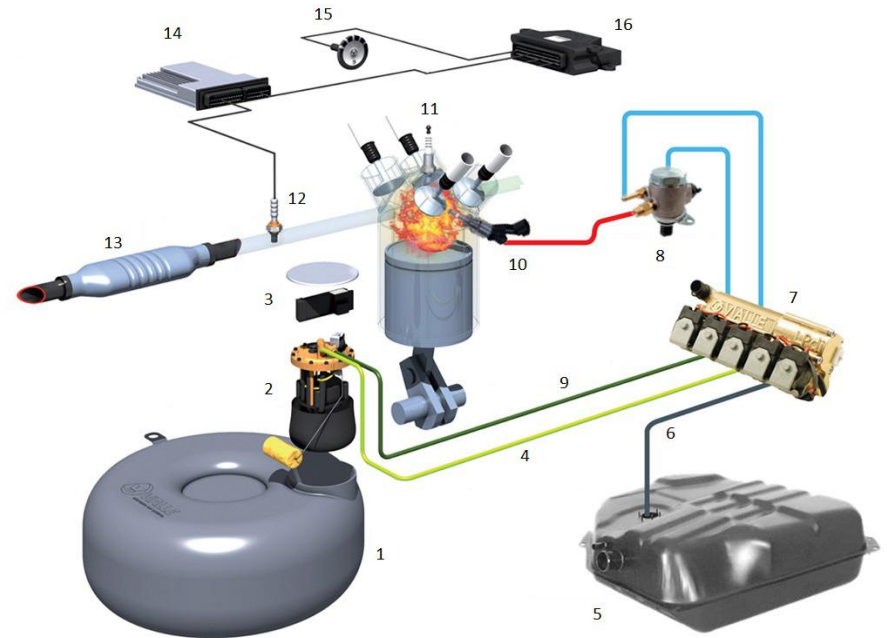
# Способи подачі рідкого газу (пропан-бутану) в циліндри двигуна

Спосіб подачі рідкого газу LPi в колектор двигуна через газову форсунку (5-те покоління ГБО)



1 – газовий балон; 2 – насос високого тиску з мультиклапаном; 3 – зворотній газопровід; 4 – з'єднувальний модуль трубопроводів в моторному відсіку; 5 – трубопровід подачі газу; 6 – повітряний фільтр; 7 – газова форсунка; 8 – бензинова форсунка; 9 – камера згорання; 10 – лямбда-зонд; 11 – каталізатор; 12 – бензиновий блок управління; 13 – перемикач газ/бензин; 14 – газовий блок керування; 15 – свіча запалення

Спосіб подачі рідкого газу LPdi в циліндри двигуна через штатну бензинову форсунку (5-те покоління ГБО)



1 – газовий балон; 2 – газовий насос; 3 – система запуску насоса; 4 – зворотній газопровід; 5 – бензобак; 6 – трубопровід подачі бензину; 7 – вузол вибору палива; 8 – насос високого тиску; 9 – трубопровід подачі газу; 10 – штатна форсунка; 11 – свіча запалення; 12 – лямбда-зонд; 13 – каталізатор; 14 – бензиновий блок керування; 15 – перемикач газ/бензин; 16 – газовий блок керування;

# Визначення потужності трубчастого електронагрівача для підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні

Потужність ТЕН, необхідна для підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні, Вт:

$$N_{ТЕН} = \frac{Q_n \cdot k}{\tau};$$

де  $k$  - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення напруги мережі, старіння нагрівального елемента, збільшення теплоємності при підвищенні температури електронагрівача.

$\tau$  – час, необхідний для збільшення тиску ЗНГ до 0,15 МПа, хв.

Кількість теплоти, яка необхідна для підтримки заданого тиску від 0,15 Мпа, кДж:

$$Q_n = \frac{Q_{ЗНГ} + Q_{бал.}}{\eta};$$

Кількість теплоти, необхідна для підвищення температури ЗНГ до заданої величини, кДж:

$$Q_{ЗНГ} = C_{ЗНГ} \cdot M_{ЗНГ} \cdot \Delta t_{ЗНГ}$$

де  $C_{ЗНГ}$  - масова теплоємність рідкої фази ЗНГ,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;

$M_{ЗНГ}$  – маса ЗНГ, кг;

$\Delta t_{ЗНГ}$  – різниця між початковою та кінцевою температурою ЗНГ,  $^\circ\text{C}$ .

Кількість теплоти, яка необхідна для підвищення температури корпусу балона, кДж:

$$Q_{бал} = C_{бал} \cdot M_{бал} \cdot \Delta t_{бал},$$

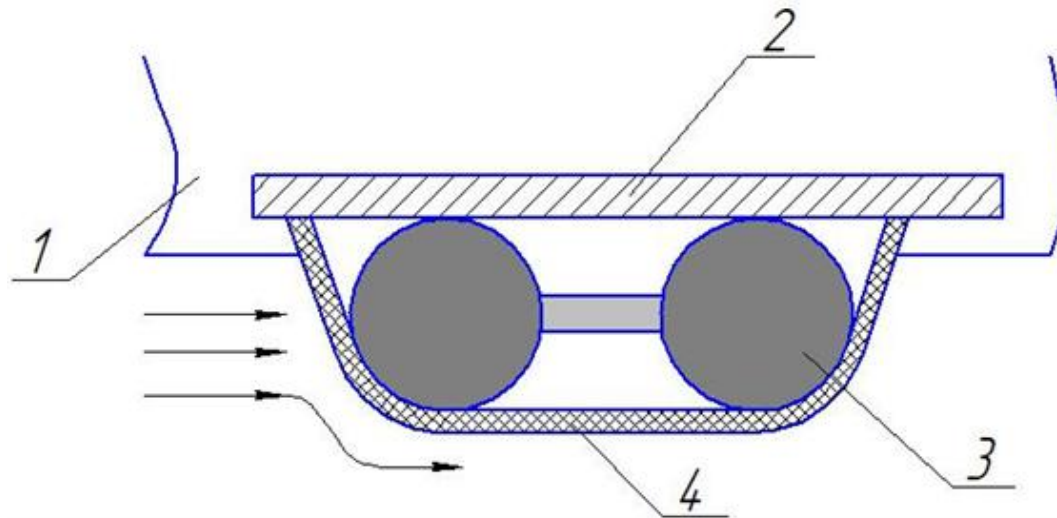
де  $C_{бал}$  - масова теплоємність матеріалу балона,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;

$M_{бал}$  – маса балона, кг;

$\Delta t_{бал}$  – різниця між початковою та кінцевою температурою балона,  $^\circ\text{C}$ .

## Заходи по зниженню втрат теплової енергії, що виробляється трубчастим електронагрівачем

Схема теплоізоляції автомобільного газового балона

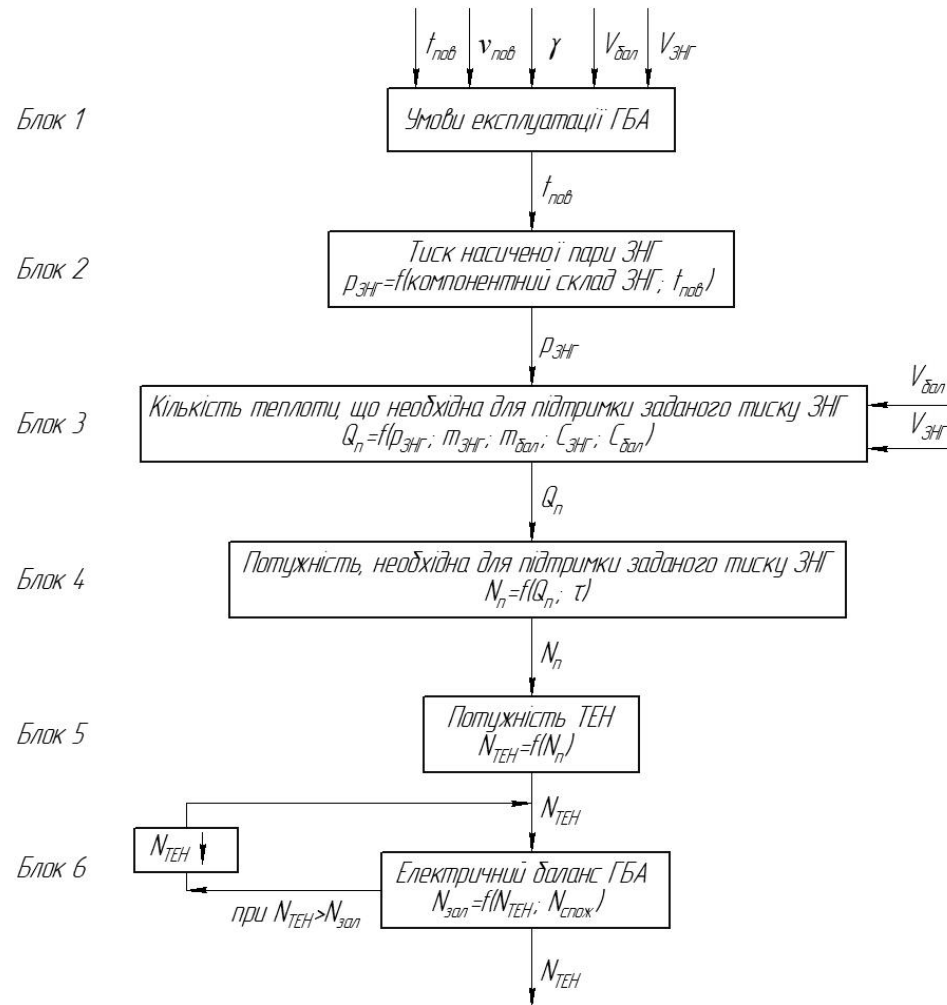


1 – кузов автомобіля; 2 – лонжерон рами; 3 – газовий балон;  
4 – теплоізоляційний матеріал

При застосуванні теплоізоляційного матеріалу з захисним кожухом тепловий потік, що проходить від ТЕН через газовий балон із ЗНГ в навколишнє середовище знизився на 29,0%.

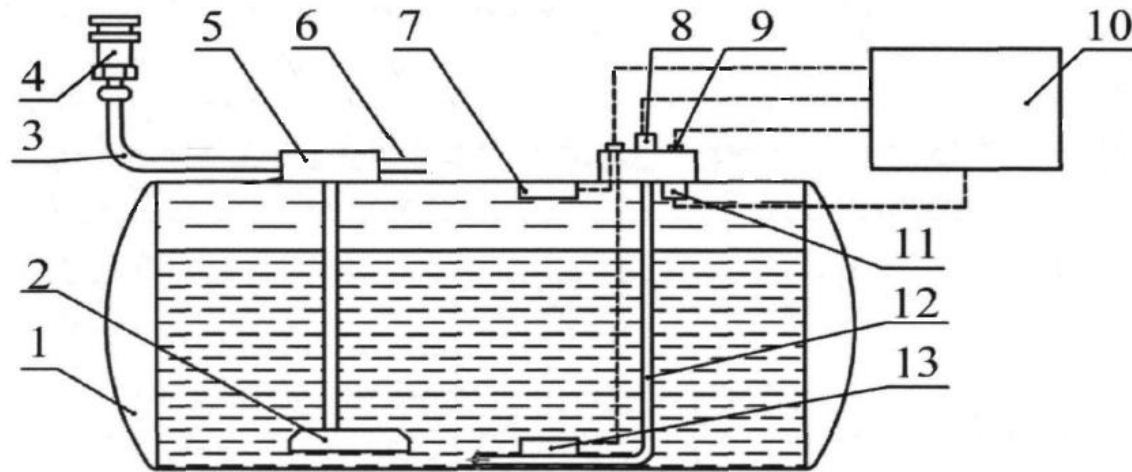


# Методика визначення потужності ТЕН для підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні



$t_{пов}$  – температура навколишнього повітря;  $v_{пов}$  – швидкість повітря;  $\gamma$  – місце розташування газового балона;  $V_{бал}$  – об’єм газового балона;  $V_{ЗНГ}$  – об’єм ЗНГ в балоні;  $p_{ЗНГ}$  – тиск насиченої пари ЗНГ в балоні;  $Q_n$  – кількість теплоти, необхідної для підтримки заданого тиску ЗНГ;  $m_{ЗНГ}$  – маса ЗНГ в балоні;  $m_{бал}$  – маса балона;  $C_{ЗНГ}$  – масова теплоємність рідкої фази ЗНГ;  $C_{бал}$  – масова теплоємність матеріалу балона;  $N_n$  – потужність, необхідна для підтримки заданого тиску ЗНГ;  $N_{ТЕН}$  – потужність ТЕН;  $N_{зал}$  – залишкова потужність;  $N_{спож}$  – потужність споживачів електроенергії на ГБА

## Принципова схема системи підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні



1 - газовий балон; 2 - газовий фільтр; 3 - заправна магістраль; 4 - виносний заправний пристрій; 5 - блок арматури; 6 – магістраль подачі газу в ДВЗ; 7 - датчик температури парової фази; 8 - клеми ТЕН; 9 - датчик контролю тиску ЗНГ; 10 – ЕБК; 11 - датчик рівня газу; 12- трубчастий електронагрівач; 13 - датчик температури рідкої фази

## Методика дообладнання ГБА комплексом технічних рішень з підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні

№	Назва операції	Необхідне обладнання	Технічні умови
1	Підготовка газового балона до монтажу	-	Забороняється встановлювати на автомобіль балони з простроченим терміном огляду, з пошкодженнями корпусу (тріщини, вм'ятини, корозія), які не відповідають вимогам
1.1	Перевірити стан блоку арматури	-	Різьба не повинна мати механічних пошкоджень, запірні клапани повинні легко закриватися і відкриватися
2	Монтаж блоку арматури на газовий балон	-	Установку виконувати згідно з інструкцією по монтажу виробника ГБО
3	Підготовка ТЕН до монтажу	-	-
3.1	Перевірити опір ізоляції ТЕН	електричний вимірювач MastechM-832	Протерти контактні стрижні і ізоляційні втулки від бруду і пилу, опір ізоляції в холодному і гарячому стані повинен бути не менше 0,5 МОм, при його падінні нижче 0,5 МОм або збільшенні струму понад 0,75 мА / кВт ТЕН слід просушити при температурі 120 – 150 °С протягом 4-6 годин
3.2	Перевірити захист струмоведучих частин	-	-
4	Монтаж ТЕН до додаткового фланця газового балона	Ключ на 17, 19, викрутка	-
4.1	Встановити ТЕН в блок кріплення	Ключ на 17	З'єднання ТЕН з блоком кріплення здійснювати за допомогою конусних латунних муфт, не допускати зривів різьби конічного штуцера
4.2	Встановити датчик для контролю тиску ЗНГ в блок кріплення ТЕН	Ключ на 19	Використовувати автомобільний датчик для контролю тиску ЗНГ
4.3	Встановити блок кріплення ТЕН на додатковий фланець газового балона	Викрутка	Для з'єднання блоку кріплення ТЕН з додатковим фланцем використовувати гвинт М5, 6 штук, не допускати зрив різьби
5	Здійснити монтаж електричної схеми відключення пристрою для підтримки заданого тиску ЗНГ при збільшенні тиску вище заданого	Шуруповерт, саморізи по металу	З'єднати контакти ТЕН, датчика тиску ЗНГ і датчика витрати газу з ЕБК. Підключити схему захисту до генераторної установки ГБА.
6	Установка теплоізоляції	Дриль, ключ На 17	Просвердлити отвори для кріплення захисного кожуха. Використовувати кріплення М5. Укласти теплоізоляційний матеріал на захисний кожух. Закріпити захисний кожух, таким чином, щоб теплоізоляційний матеріал щільно прилягав до корпусу балона.

## Вплив комплексу технічних рішень з підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні на ефективність експлуатації газобалонних автомобілів

Затрати на паливо ГБА без використання комплексу технічних рішень з підтримки заданого тиску ЗНГ в балоні, грн:

$$Z_1 = (q_{бенз} + q_{пр}) \cdot C_{бенз} + q_{ЗНГ} \cdot C_{ЗНГ}; \quad (11.1)$$

де  $q_{бенз}$ ,  $q_{ЗНГ}$  – витрати бензину та ЗНГ у зимовий період, відповідно, л;

$C_{бенз}$ ,  $C_{ЗНГ}$  – ціни на бензин та ЗНГ, відповідно, грн/л;

$q_{пр}$  – витрати бензину на прогрів двигуна, л.

Затрати на паливо ГБА з використанням комплексу технічних рішень з підтримки заданого тиску ЗНГ в балоні, грн:

$$Z_2 = q_{пр} \cdot C_{бенз} + q'_{ЗНГ} \cdot C_{ЗНГ}; \quad (11.2)$$

де  $q'_{ЗНГ}$  – витрати ЗНГ у зимовий період, л.

Для автомобіля ГАЗ 2705 «Газель» в заданих умовах експлуатації міського комунального підприємства «Аварійно-диспетчерська служба» при використанні системи підтримки тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні **затрати на паливо** в зимній період **зменшилися на 807 грн. (10,2%)** на 1 автомобіль.

Затрати на дообладнання автомобілів ГАЗ 2705 «Газель» комплексом технічних рішень з підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні

№	Найменування операції	Вартість, грн
1	Дообладнання автомобільного газового балону додатковим фланцем для встановлення ТЕН	300
2	ТЕН з кріпленням	250
3	ЕБК для керування потужністю ТЕН	500
4	Теплоізоляція з кріпленням	130
5	Оплата праці по дообладнанні одного ГБА	400
Всього		1580

Результати розрахунку показують, що **термін окупності** запропонованого комплексу технічних рішень по підтримці заданого тиску ЗНГ в газовому балоні складає **6 місяців** роботи даної системи.

## Висновки

1. Встановлено, що при низьких температурах навколишнього середовища відбувається зниження тиску насичених парів ЗНГ в газовому балоні. У даних умовах використання ЗНГ в якості палива стає проблематичним, в результаті чого відбувається зниження працездатності ГБА.

2. Аналіз методів для підтримки тиску ЗНГ виявив відсутність універсального методу підтримання тиску ЗНГ в автомобільному газовому балоні, який би дозволив підтримувати тиск ЗНГ на заданому рівні.

3. Огляд виконаних досліджень виявив, що найбільш прийнятним рішенням підтримки тиску ЗНГ в автомобільному газовому балоні при низьких температурах навколишнього середовища є підігрів ЗНГ в балоні. Визначено, що найбільш доцільним для підігріву ЗНГ в автомобільному газовому балоні є трубчастий електронагрівач.

4. Визначено кількість теплоти, яку необхідно підвести в балон для підтримки тиску зрідженого нафтового газу на рівні 0,15МПа при температурі навколишнього середовища -25°C, в результаті чого було обрано ТЕН потужністю 500 Вт.

5. Запропоновано технічні рішення, які дозволяють знизити втрати теплової енергії, що виробляється електронагрівачем при низьких температурах навколишнього повітря з урахуванням швидкості повітря. Встановлено що при застосуванні теплоізоляційного матеріалу з захисним кожухом втрати теплоти від газового балона з ЗНГ в навколишнє середовище знизився на 29,0%.

6. Розроблено методику визначення необхідної потужності ТЕН для підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні.

7. Розроблено принципову схему системи підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні. Описано заходи які потрібно здійснити для дообладнання ГБА.

8. Розроблено рекомендації по експлуатації газобалонних автомобілів обладнаних системою підтримки заданого тиску зрідженого нафтового газу в газовому балоні.

4. Встановлено, що при застосуванні комплексу технічних рішень з підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні в умовах витрати на паливо для одного автомобіля знизилися на 807 грн. в зимовий період. Термін окупності системи підтримки заданого тиску ЗНГ в газовому балоні буде складати 6 місяців роботи даної системи.