

УДК 614.846.63

Р. І. Коваленко, к.т.н., доц. каф. (ORCID:0000-0003-2083-7601)
А. Я. Калиновський, к.т.н., доцент, нач.каф. (ORCID:0000-0002-1021-5799)
Б. І. Кривошей, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID:0000-0002-2561-5568)
С. Ю. Назаренко, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID:0000-0003-0891-0335)
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ПІДГРІВНИК ПАЛИВА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Запропоновано удосконалену конструкцію підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання, яка забезпечує свою працездатність за умов, коли маршовий двигун спеціального транспортного засобу не запущений. Технічний результат досягається шляхом паралельного приєднання до відомої конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання трубопроводу випуску відпрацьованих газів, що з'єднаний з автономним повітряним обігрівачем кабіни транспортного засобу. Відповідно об'єктом дослідження є конструкція спеціальних транспортних засобів, а предметом дослідження – способи удосконалення пускових властивостей дизельних двигунів внутрішнього згорання в умовах низьких температур навколишнього середовища. Перевірка працездатності запропонованої конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання виконувалася шляхом використання загальновідомих методів розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів. Для розрахунків були використані характеристики автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу моделі «Планар-8ДМ-24». Встановлено, що температура дизельного палива, яка підтримується в паливному баку поблизу паливозабірника під час роботи автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу за умови, коли пуск маршового двигуна не здійснено складає близько 0 °С. Це значення є вище граничної температури фільтрованості літнього дизельного палива, тобто дозволяє стверджувати про працездатність запропонованої конструкції підігрівника палива. Запропонована конструкція підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання найбільш підходить для спеціальних транспортних засобів, які експлуатуються практичними підрозділами і дозволяє покращити пускові властивості маршових двигунів в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Ключові слова: підігрівник палива, спеціальний транспортний засіб, дизельне паливо, гранична температура фільтрованості палива

1. Вступ

В підрозділах ДСНС на сьогодні експлуатується досить велика чисельність різних видів спеціальних транспортних засобів, які обладнані дизельними двигунами внутрішнього згорання. Дизельні двигуни внутрішнього згорання мають ряд переваг порівняно з двигунами, які працюють на бензині, але поруч з цим є в них і декілька недоліків. Серед них можна відмітити погану пускову здатність дизельних двигунів внутрішнього згорання в умовах низьких температур навколишнього середовища, що зокрема пов'язано з властивостями палива. З метою покращення цієї здатності в конструкції дизельних двигунів внутрішнього згорання приймаються різні технічні рішення. Одним із цих рішень є встановлення підігрівників палива у паливних баках дизельних двигунів внутрішнього згорання, які запобігають досяганням граничної температури фільтрованості дизельного палива. Спеціальні транспортні засоби обладнані дизельними двигунами внутрішнього згорання, які перебувають на оснащенні підрозділів ДСНС не мають підігрівників палива у паливних баках. У випадках, коли ця техніка тривалий час знаходиться в умовах низьких температур, наприклад, під час чергування підрозділів поблизу місць проведення масових заходів, які проходять взимку, з'являється небезпека того, що у разі виникнення там небезпечних подій дизельний двигун внутрішньо-

го згоряння спеціальних транспортних засобів запустити не вийде. Відповідно це знижує рівень оперативної готовності підрозділів до дій за призначенням та створює ризик їх не виконання, що є актуальною проблемою.

У зв'язку з вищенаведеним забезпечення належного рівня оперативної готовності транспортних засобів підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту слід розглядати як одну з актуальних проблем забезпечення пожежної безпеки нашої держави.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Важливим показником, який дозволяє оцінити рівень готовності підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) до виконання дій за призначенням є показник оперативної готовності. Вказаний показник згідно [1] є комплексним і враховує, зокрема, ймовірність працездатності спеціальних транспортних засобів (СТЗ), що знижується під час експлуатації техніки в умовах низької температури. Відповідно впровадження організаційних і технічних заходів, які дозволяють збільшити ймовірність працездатності СТЗ в умовах низької температури в свою чергу дозволяє підвищити показник оперативної готовності підрозділів до виконання дій за призначенням.

Згідно [2] в структурі викликів підрозділів ДСНС виїзди на чергування становлять 5 % від їх загальної кількості. Під час цих виїздів переважно особовий склад несе чергування перебуваючи в середині кабіни СТЗ і при цьому маршовий двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) не працює. Часом випадки, коли ДВЗ СТЗ в умовах низьких температур тривалий час не працює відбуваються і під час виїздів підрозділів ДСНС для надання допомоги населенню і при ліквідації наслідків пожеж та вибухів, що можливо з технікою, котра перебуває у резерві. Відповідно сумарний відсоток випадків, коли ДВЗ СТЗ тривалий час не працюють під час викликів в умовах низьких температур є достатньо великим.

Згідно [3] під час зниження температури дизельного палива з +40 °С до –30 °С відбувається зменшення на 50 % його об'єму при впорскуванні в циліндри двигуна. Це пояснюється тим, що парафінові вуглеводні, які входять до складу дизельного палива твердіють при низькій температурі [4]. У зв'язку з цим відбувається припинення подачі палива до насоса високого тиску, що звичайно перешкоджає пуску ДВЗ.

Згідно [5] підтримання температури дизельного палива у паливному фільтрі на декілька градусів вищою за граничну температуру його фільтрованості дозволяє забезпечувати нормальну роботу ДВЗ при більш низькій температурі навколишнього середовища. Досягти цього може дозволити встановлення підігрівників корпусу паливних фільтрів. Назване технічне рішення можна вважати не зовсім ефективним, бо для того щоб паливо потрапило до паливного фільтра його спершу необхідно закачати з паливного баку, що не завжди можна реалізувати на практиці за умови надто низької температури навколишнього середовища. Згідно [6] висока в'язкість біодизеля та його сумішей з дизельним паливом негативно впливають на характеристики розпилення і продуктивність паливного насоса, що знижує потужність дизельного ДВЗ. З метою покращення вказаних характеристик пропонувалося виконувати підігрів біодизеля та його сумішей з дизельним паливом безпосередньо в місці розміщення паливного насоса і паливної форсунки. При цьому, кращі результати по вказаним характеристикам спостерігалися за досягнення температури біодизеля та його сумішей з дизельним паливом в місці роз-

міщення паливного насоса $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в місці розміщення паливної форсунки $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. На жаль, описане технічне рішення не дозволяє забезпечити підігрів біодизеля та його сумішей з дизельним паливом саме в паливному баку, що за знижених температур навколишнього середовища не дозволить закачати паливо до паливного насоса і здійснити пуск ДВЗ.

В [7] для зниження в'язкості суміші біодизеля з дизельним паливом пропонується встановлення в паливопровід підігрівача разом з джерелом утворення магнітного поля. При створенні робочої температури в нагрівачі $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ та величині магнітної індукції $0,0314$ Тесла досягалася економія витрати суміші біодизеля з дизельним паливом на 10% . Названі елементи зниження в'язкості суміші біодизеля з дизельним паливом через те, що встановлюються в паливопроводі також не дозволяють забезпечити підігрів паливної суміші у паливному баку.

В [8] досліджено вплив додавання біодизеля в дизельне паливо і нагрівання палива через квадратну ребристу трубу, що розміщувалася у верхньому баку радіатора системи охолодження. Варто відмітити, що за такої конструкції підігрівника нагрів суміші біодизеля з дизельним паливом відбуватиметься за умов, коли буде працювати ДВЗ. Однак, підігрів палива до пуску ДВЗ не відбувається і така конструкція не дозволяє забезпечити підігрів паливної суміші в паливному баку.

В [9] для підігріву дизельного палива пропонується встановлення в паливному баку теплообмінника, що має гідравлічне з'єднання зі штатною рідинною системою охолодження ДВЗ. Крім цього, в роботі досліджено залежність зміни температури охолоджуючої рідини залежно від часу роботи ДВЗ. Ця система підігріву дизельного палива буде працювати тільки за умови пуску ДВЗ, тобто до цього вона функціонувати не буде, що можна вважати її вагомим недоліком.

В [10] з метою контролю та перевірки ефективності роботи підігрівників дизельного палива пропонується встановлення в систему живлення ДВЗ датчиків температури та тиску. Ідея полягає у тому, що пуск ДВЗ повинен здійснюватися лише після підігріву дизельного палива до певної температури. У випадку, якщо така температура не досягнута і в системі живлення ДВЗ після його пуску не створюється необхідний тиск, тоді робиться висновок про незадовільну роботу підігрівника палива. На жаль конструкція самого підігрівника дизельного палива або порівняння ефективності конструкцій різних підігрівників в цій роботі не розглядалося.

Таким чином, певний відсоток викликів підрозділів ДСНС пов'язаний з тим, що СТЗ тривалий час перебувають в умовах низьких температур навколишнього середовища з непрацюючим дизельним ДВЗ. За таких умов існує високий ризик охолодження дизельного палива до граничної температури фільтрованості, що не дозволяє забезпечити його протікання по системі живлення і, як наслідок, здійснити пуск ДВЗ СТЗ, а це може стати причиною не виконання оперативних завдань підрозділами за призначенням. Більшість з проаналізованих робіт пов'язані з розробкою способів зниження в'язкості дизельного палива, зокрема за рахунок його нагріву підігрівниками, а також контролю працездатності підігрівників. Невирішеною частиною розглянутої проблеми є недосконалість існуючих систем підігріву дизельного палива, що обмежує їх використання в конструкції СТЗ.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є удосконалення конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання, що забезпечить його роботу в умовах, коли

двигун спеціального транспортного засобу не запущений.

З метою досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити удосконалену конструкцію підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання;
- дослідити умови працездатності підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання, які забезпечують запобігання досягнення у паливному баку спеціального транспортного засобу граничної температури фільтрованості палива.

4. Матеріали та методи досліджень

Об'єктом дослідження є конструкція спеціальних транспортних засобів.

Предметом дослідження є способи удосконалення пускових властивостей дизельних двигунів внутрішнього згорання в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Гіпотеза дослідження полягає у тому, що забезпечити роботу підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання можна за рахунок використання для цього нагрітих відпрацьованих газів, які утворюються під час роботи автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу.

З метою удосконалення відомої конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання використані методи аналізу та синтезу.

Перевірка працездатності запропонованої конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання виконувалася шляхом використання загальновідомих методів розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів. Для розрахунків були використані характеристики автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу моделі «Планар-8ДМ-24».

Розраховані значення температури палива в паливному баку поблизу паливозабірника порівнювалося зі значенням граничної температури фільтрованості для марки літнього дизельного палива, що складає $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Розробка удосконаленої конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання

Підігрівник палива дизельного ДВЗ, який можна було б використати в конструкції СТЗ повинен відповідати ряду технічних вимог, а саме:

- забезпечувати підігрів дизельного палива безпосередньо в паливному баку;
- працювати за умови, коли маршовий ДВЗ СТЗ не працює.

Враховуючи недоліки відомих підігрівників дизельного палива було прийнято рішення взяти за основу конструкцію підігрівника наведену в [11] та провести її удосконалення.

Підігрівник палива дизельного ДВЗ [11] складається з рідинного насоса і теплообмінника, виконаного у вигляді котла, додаткового трубопроводу зі встановленим теплообмінником і регулювальною заслінкою, що з'єднаний з випускною трубою двигуна. Підігрів дизельного палива відбувається в паливному баку двигуна від нагрівача, в середині якого циркулює охолоджуюча рідина, яка прогривається в теплообміннику, що розміщується в додатковому трубопроводі через який проходять нагріті відпрацьовані гази від з'єднаної з ним випускної труби двигуна. Робота цього підігрівника дизельного палива можлива лише за умови, коли працює маршовий ДВЗ. Для того щоб забезпечити його роботу при непрацюючому маршовому ДВЗ було запропоновано технічне рішення, яке полягає у приєднанні

до додаткового трубопроводу в якому встановлений теплообмінник трубопроводу випуску відпрацьованих газів автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу зі встановленою в ньому регулювальною заслінкою. Описане технічне рішення реалізувати нескладно, бо у багатьох СТЗ, наприклад, у більшості конструкцій сучасних пожежних автоцистерн в кабіні штатно встановлено автономний повітряний обігрівач. Схему удосконаленої конструкції підігрівника палива дизельного ДВЗ для СТЗ наведено на рис. 1.

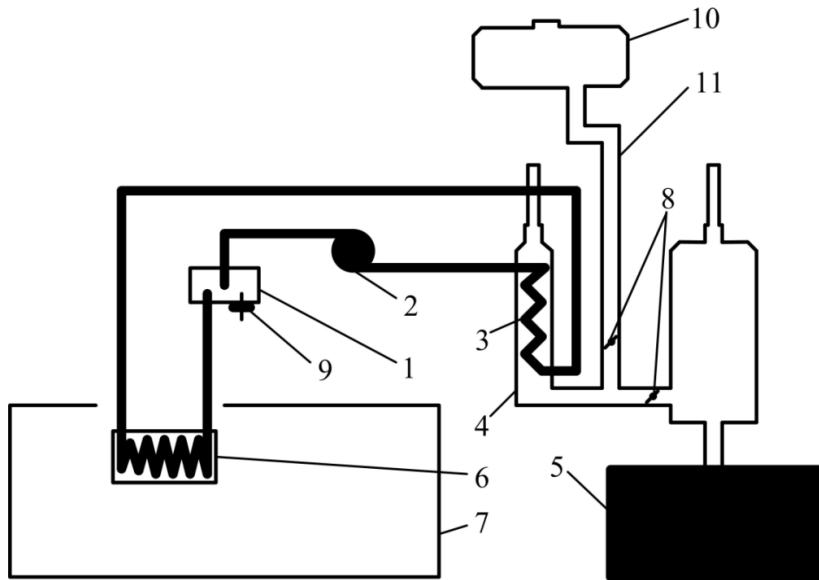


Рис. 1. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання: 1 – ємкість для охолоджуючої рідини; 2 – рідинний насос; 3 – теплообмінник; 4 – додатковий трубовід; 5 – випускна труба двигуна; 6 – нагрівач; 7 – паливний бак двигуна; 8 – заслінка; 9 – датчик температури; 10 – автономний повітряний обігрівач кабіни транспортного засобу; 11 – трубовід випуску відпрацьованих газів

У випадку, коли маршовий ДВЗ СТЗ не працює необхідно закрити заслінку в додатковому трубопроводі та відкривши заслінку розміщену в трубопроводі випуску відпрацьованих газів включити в роботу автономний обігрівач кабіни транспортного засобу. Відпрацьовані гази, які утворюються під час його роботи надходять до додаткового трубопроводу і нагрівають теплообмінник по якому циркулює охолоджуюча рідина, котра надійде до нагрівача, який розміщений в паливному баку. Поблизу нагрівача в паливному баку розміщений паливозабірник, що забезпечує потрапляння до системи живлення маршового двигуна у будь який час підігрітого дизельного палива. Окремий паливний бак в якому зберігається паливо для роботи автономного повітряного обігрівача рекомендовано розташовувати в кабіні СТЗ і термоізолювати.

6. Дослідження умов працездатності підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання

Висновок про працездатність удосконаленої конструкції підігрівника палива дизельного ДВЗ може бути зроблений за умови, коли під час його роботи навколо паливозабірника температура палива не буде досягати граничної температури фільтрованості. За кліматичними умовами використання встановлені три марки дизельного палива: літнє, зимове та арктичне. Гранична температура фільтрованості для літнього дизельного палива не перевищує $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, для зимового: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для

арктичного: $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Як було вказано раніше за умов, коли пуск ДВЗ СТЗ не здійснено, підігрівник палива може працювати за рахунок вмикання в роботу автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу.

Принцип роботи автономного повітряного обігрівача полягає в наступному. Пальне для їх роботи подається за допомогою електромагнітного насоса, який урізаний у магістраль, яка йде від окремого паливного бака, у певних дозах до камери згоряння – на спеціальний випарник. У якості спеціального випарника може використовуватися стійке до впливу високих температур тіло з великою площею поверхні. У деяких моделях це пакет сіток із нержавіючої сталі. Якщо розглядати автономний повітряний обігрівач кабіни транспортного засобу, наприклад, дизельний моделі «Планар-8ДМ-24», то тут як випарник використовується пластинчастий теплообмінник. Перед ним знаходиться свічка розжарення, яка і викликає займання паливної суміші. Повітря в камеру згоряння автономного повітряного обігрівача потрапляє через спеціальний нагнітач. Ребра випарника обдуваються вентилятором, за рахунок чого салон і опалюється. Витрата палива цього автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу складає $0,25\text{--}0,9$ л/год. Тобто при щільності 850 кг/м^3 максимальна витрата складе $0,765$ кг/год.

Елементарний склад рідких палив характеризується вмістом у паливі окремих хімічних елементів в масових частках або у відсотках по масі. Масові частки окремих елементів позначаються їх символами: вуглець – С, водень – Н, кисень – О, сірка – S, азот – N. Сума масових часток окремих елементів:

$$C+H+S+O+N=1\text{ (100 \%)}.\quad (1)$$

Для дизельного палива $C=87\%$, $H=12\text{--}12,5\%$, $S=0,2\text{--}0,5\%$, $O=0,5\%$, $N=0$.

Теоретично необхідна кількість повітря L_0 в кмоль для згоряння 1 кг палива була розрахована за відомою з теорії двигунів внутрішнього згоряння формулою:

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{g_C}{12} + \frac{g_H}{4} - \frac{g_O}{32} \right),\quad (2)$$

де g_C , g_H , g_O – масова частка вуглецю, водню та кисню в паливі, $L_0=14,3$ кг.

Так як дизельне паливо це складна горюча речовина, то теоретичний склад продуктів горіння за нормальних умов:

$$\begin{aligned} V_{CO_2} &= 1,86 \frac{C}{100} = 1,86 \frac{87}{100} = 1,6182\text{ м}^3 / \text{кг}, \\ V_{H_2O} &= 11,2 \frac{H}{100} + 1,24 \frac{W}{100} = 1,24 \frac{12,3}{100} + 1,24 \frac{0,02}{100} = 0,147848\text{ м}^3 / \text{кг}, \\ V_{SO_2} &= 0,7 \frac{S}{100} = 0,7 \frac{0,3}{100} = 0,0021\text{ м}^3 / \text{кг}, \\ V_{N_2} &= \frac{1}{100} \left[7C + 21 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2,63S + 0,8N \right] = \\ &= \frac{1}{100} \left[7 \cdot 87 + 21 \left(12,3 - \frac{0,5}{8} \right) + 2,63 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 0 \right] = 8,54964\text{ м}^3 / \text{кг}. \end{aligned}$$

Повний теоретичний об'єм продуктів горіння за нормальних умов:

$$V_{\text{ПГ}}^0 = \sum V_{\text{ПГ}_i} = 1,6182 + 0,1478848 + 0,0021 + 8,54964 = 10,317788 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Практичний об'єм продуктів горіння за нормальних умов:

$$V_{\text{ПГ}} = V_{\text{ПГ}}^0 + V_{\text{В}}^0(\alpha - 1) = 10,317788 + 0,269 \left(\frac{87}{0} + 12,3 + \frac{0,3 - 0,5}{8} \right) (1,3 - 1) = 11,3 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Практичний об'єм продуктів горіння за температури горіння:

$$V_{\text{ПГ(РТ)}} = \frac{11,3 \cdot 1373,15}{273} = 56,83 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Для автономного повітряного обігрівача моделі «Планар-8ДМ-24» питома продуктивність відпрацьованих газів складає:

$$V_{\text{ПГ(РТ)}} = 56,83 \cdot 0,765 = 43,47495 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Для визначення параметрів теплообмінника 3, що наведений на рис. 1 прийнято умову, що теплопередача тепла відбувається крізь циліндричну стінку. Теплоносієм зовні при цьому є димові гази, які утворюються від згорання дизельного палива, а в середині теплообмінника рідина. Щодо нагрівача 6 (рис. 1) прийнято умову, що теплопередача відбувається крізь циліндричну стінку між рідким теплоносієм та дизельним паливом у паливному баку СТЗ. Далі використовуючи загальновідомі методи розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів вдалося встановити, що температура дизельного палива в паливному баку поблизу паливозабірника складає близько 0 °С.

7. Обговорення результатів удосконалення конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згорання

Запропонована конструкція підігрівника палива дизельного ДВЗ найбільш підходить для СТЗ підрозділів ДСНС. Під час розробки технічних рішень щодо удосконалення відомої конструкція підігрівника палива дизельного ДВЗ були враховані особливості експлуатації СТЗ в підрозділах. Зберігання СТЗ підрозділів ДСНС переважно здійснюється в гаражах, які опалюються, тому температура палива в паливному баку не досягає граничної температури фільтрованості. Небезпека зниження температури палива в паливному баку до граничної температури фільтрованості може мати місце тоді, коли підрозділ перебуває на чергуванні або в резерві на місці проведення оперативних робіт. За цих умов маршовий двигун СТЗ в більшості випадків буде заглушений, тому для підтримання комфортної температури в кабіні СТЗ і для забезпечення роботи підігрівника дизельного палива може бути ввімкнений автономний повітряний обігрівач.

В дослідженні перевірена гіпотеза щодо можливості використання нагрітих відпрацьованих газів, які утворюються під час роботи автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу для забезпечення роботи підігрівника палива дизельного ДВЗ. Шляхом проведення розрахунків встановлено, що утвореного об'єму і температури відпрацьованих газів в процесі роботи автономного

повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу буде достатньо для забезпечення функціонування підігрівника палива дизельного ДВЗ. Відповідно в паливному баку поблизу паливозабірника може постійно підтримуватися температура близько 0 °С, що вище значення граничної температури фільтрованості для літнього дизельного палива. Для встановлення цього були використані методи розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів і прийнято спосіб передачі тепла в теплообміннику і нагрівачі крізь циліндричну стінку. Вибір названого способу передачі тепла дозволив спростити процес розрахунків.

Можна припустити, що використовуючи інші форми теплообмінника і нагрівача можна досягти більшої ефективності підігрівника палива дизельного ДВЗ, але перевірка цієї гіпотези потребує проведення більш складних розрахунків.

В подальшому планується провести перевірку вказаної раніше гіпотези розробивши і використавши для цього спеціалізоване програмне забезпечення.

8. Висновки

1. Запропоновано удосконалити конструкцію підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згоряння, який порівняно з відомими конструкціями дозволяє забезпечити своє функціонування автономно без пуску маршового двигуна спеціального транспортного засобу. Це досягається за рахунок паралельного приєднання до відомої конструкції підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згоряння трубопроводу випуску відпрацьованих газів, що з'єднаний з автономним повітряним обігрівачем кабіни транспортного засобу.

2. Досліджено умови працездатності підігрівника палива дизельного двигуна внутрішнього згоряння роботу якого забезпечує автономний повітряний обігрівач кабіни транспортного засобу моделі «Планар-8ДМ-24». Шляхом розрахунків встановлено, що питома продуктивність відпрацьованих газів складає 43,47495 м³/кг. Використавши загальновідомі методи розрахунку пластинчастих теплообмінних апаратів та прийнявши умову щодо способу передачі тепла в теплообміннику і нагрівачі крізь циліндричну стінку встановлено, що температура дизельного палива, яка підтримується в паливному баку поблизу паливозабірника складає близько 0 °С. Це значення є вище граничної температури фільтрованості літнього дизельного палива, тобто дозволяє стверджувати про працездатність запропонованої конструкції підігрівника палива.

Література

1. Tiutiunyk V., Ivanets H., Tolkunov I., Stetsyuk E. System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations. *Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. Vol. 1. P. 99–105. doi: 10.29202/nvngu/2018-1/7
2. Kovalenko R., Kalynovskyi A., Nazarenko S., Kryvoshei B., Grinchenko E., Demydov Z., Mordvyntsev M., Kaidalov R. Development of a method of completing emergency rescue units with emergency vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 3(100). P. 54–62. doi: 10.15587/1729-4061.2019.175110
3. Park Y., Hwang J., Bae C., Kim K., Lee J., Pyo S. Effects of diesel fuel temperature on fuel flow and spray characteristics. *Fuel*. 2015. Vol. 162. P. 1–7. doi: 10.1016/j.fuel.2015.09.008
4. Jeong-Hwa L., Hyung-Won P., Woong-Su L., Young-Jea L., Bo-Hee L., Dal-civil security. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-36-7

Hwan Y. Low Temperature Fluidity Performance Evaluation of Compositing Package Fuel Heater for Diesel Cars. *Journal of IKEEE*. 2014. Vol. 18(1). P. 152–158. doi: 10.7471/ikeee.2014.18.1.152

5. Mikkonen S., Kiiski U., Saikkonen P., Sorvan J. Diesel Vehicle Cold Operability Design of Fuel System Essential Besides Fuel Properties. *SAE Int J. Fuels Lubr.* 2012. Vol. 5(3). P. 977–989. doi: 10.4271/2012-01-1592

6. Samsudin A., Galuh N. B. Investigation of the effects of preheating temperature of biodiesel-diesel fuel blends on spray characteristics and injection pump performances. *Renewable Energy*. 2019. Vol. 140. P. 274–280. doi: 10.1016/j.renene.2019.03.062

7. Sirajudin M., Husaini A., Widagdo T., Mataram A. The Effect Of Magnetic Field And Heater In Biodiesel Fuel Line Toward Torque, Power, and Fuel Consumption Of One Cylinder Four Stroke Diesel Engine At Maximum Load. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1198. P. 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1198/4/042002

8. Bisri H., Wijayanto D. S., Ranto. Effect of Biodiesel and Radiator Tube Heater on Fuel Consumption of Compression Ignition Engine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 288. P. 1–9. doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012071

9. Sandu V. Diesel Fuel Heater Using Engine Coolant for Cold Weather Operation. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series I*. 2016. Vol. 9(58). P. 1–8. http://webbut2.unitbv.ro/BU2016/Series%20I/BULETIN%20I/Sandu_V.pdf

10. Bo-Hee L., Byong-Min S., Xiang Z., Dal-Hwan Y. Data Monitoring System for Activation Analysis Based on Fuel Heater of Diesel Cars. *Journal of IKEEE*. 2014. Vol. 18(2). P. 179–184. doi: 10.7471/ikeee.2014.18.2.179

11. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання: пат. 79561, МПК (2013.01) F02N 19/00. № u201212467, заявл. 31.10.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8. 4 с.

R. Kovalenko, PhD, Associate Professor of the Department

A. Kalynovskiy, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

B. Kryvoshei, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

S. Nazarenko, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

RESEARCH OF THE PERFORMANCE CONDITIONS OF THE FUEL HEATER OF THE INTERNAL COMBUSTION DIESEL ENGINE

An improved design of the fuel heater of a diesel internal combustion engine is proposed, which ensures its operability under conditions when the cruising engine of a special vehicle is not started. The mentioned technical result is achieved by parallel connection to the known design of the fuel heater of the internal combustion diesel engine of the exhaust gas discharge pipeline, which is connected to the autonomous air heater of the vehicle cabin. Accordingly, the object of research is the design of special vehicles, and the subject of research is methods of improving the starting properties of diesel internal combustion engines in conditions of low ambient temperatures. Checking the performance of the proposed design of the fuel heater of the internal combustion diesel engine was performed by using well-known methods of calculating plate heat exchangers. For the calculations, the characteristics of the autonomous air heater of the vehicle cabin model «Planar-8DM-24» were used. It was established that the temperature of diesel fuel, which is maintained in the fuel tank near the fuel intake during the operation of the autonomous air heater of the vehicle cabin, under the condition that the start of the cruising engine is not carried out, is about 0 °C. This value is above the limit temperature of filtration of summer diesel fuel, that is, it allows us to assert the efficiency of the proposed design of the fuel heater. The

proposed design of the diesel internal combustion engine fuel heater is most suitable for special vehicles operated by practical units and allows improving the starting properties of marching engines in conditions of low ambient temperatures.

Keywords: operating conditions of the fuel heater, special vehicle, diesel fuel, limit temperature of fuel filtration

References

1. Tiutiunyk, V., Ivanets, H., Tolkunov, I., Stetsyuk, E. (2018). System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations. *Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 99–105. doi: 10.29202/nvngu/2018-1/7
2. Kovalenko, R., Kalynovskyi, A., Nazarenko, S., Kryvoshei, B., Grinchenko, E., Demydov, Z., Mordvyntsev, M., Kaidalov, R. (2019). Development of a method of completing emergency rescue units with emergency vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(100), 54–62. doi: 10.15587/1729-4061.2019.175110
3. Park, Y., Hwang, J., Bae, C., Kim, K., Lee, J., Pyo, S. (2015). Effects of diesel fuel temperature on fuel flow and spray characteristics. *Fuel*, 162, 1–7. doi: 10.1016/j.fuel.2015.09.008
4. Jeong-Hwa, L., Hyung-Won, P., Woong-Su, L., Young-Jea, L., Bo-Hee, L., Dal-Hwan, Y. (2014). Low Temperature Fluidity Performance Evaluation of Composit-ed Package Fuel Heater for Diesel Cars. *Journal of IKEEE*, 18(1), 152–158. doi: 10.7471/ikeee.2014.18.1.152
5. Mikkonen, S., Kiiski, U., Saikkonen, P., Sorvan, J. (2012). Diesel Vehicle Cold Operability Design of Fuel System Essential Besides Fuel Properties. *SAEInt J. Fuels Lubr*, 5(3), 977–989. doi: 10.4271/2012-01-1592
6. Samsudin, A., Galuh, N. B. (2019). Investigation of the effects of preheating temperature of biodiesel-diesel fuel blends on spray characteristics and injection pump performances. *Renewable Energy*, 140, 274–280. doi: 10.1016/j.renene.2019.03.062
7. Sirajudin, M., Husaini, A., Widagdo, T., Mataram, A. (2019). The Effect Of Magnetic Field And Heater In Biodiesel Fuel Line Toward Torque, Power, and Fuel Consumption Of One Cylinder Four Stroke Diesel Engine At Maximum Load. *Journal of Physics: Conference Series*, 1198, 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1198/4/042002
8. Bisri, H., Wijayanto, D. S., Ranto. (2017). Effect of Biodiesel and Radiator Tube Heater on Fuel Consumption of Compression Ignition Engine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288, 1–9. doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012071
9. Sandu, V. (2016). Diesel Fuel Heater Using Engine Coolant for Cold Weather Operation. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series I*, 9(58), 1–8. http://webbut2.unitbv.ro/BU2016/Series%20I/BULETIN%20I/Sandu_V.pdf
10. Bo-Hee, L., Byong-Min, S., Xiang, Z., Dal-Hwan, Y. (2014). Data Monitoring System for Activation Analysis Based on Fuel Heater of Diesel Cars. *Journal of IKEEE*, 18(2), 179–184. doi: 10.7471/ikeee.2014.18.2.179
11. Diesel internal combustion engine fuel heater: patent 79561, IPC (2013.01) F02N 19/00. № u201212467, application 31.10.2012; published 04/25/2013, Bull. № 8. 4 p.

Надійшла до редколегії: 20.10.2022

Прийнята до друку: 14.11.2022