



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **94291** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**B60K 6/00**  
**F02G 1/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

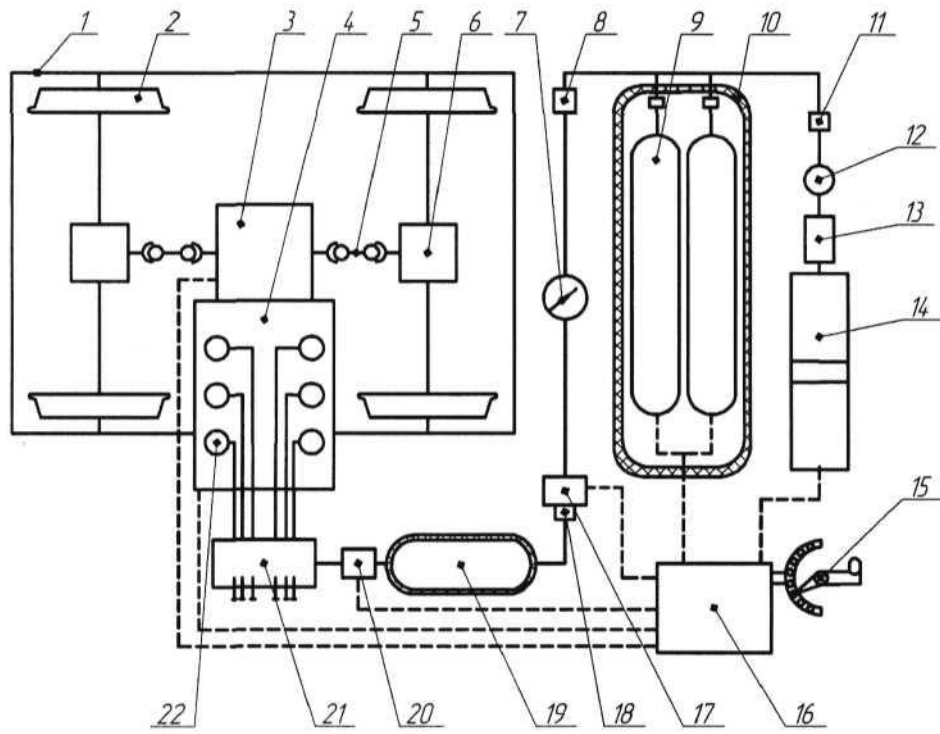
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2014 04976</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>12.05.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.11.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.11.2014, Бюл.№ 21</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Жалкін Олексій Денисович (UA), Жалкін Сергій Григорович (UA), Жалкін Денис Сергійович (UA), Фалендиш Анатолій Петрович (UA), Пузир Володимир Григорович (UA), Кравець Андрій Михайлович (UA), Анацький Олександр Олександрович (UA), Карлов Сергій Павлович (UA), Крамчанін Ірина Геннадіївна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)</b></p>
--	--

**(54) КОМБІНОВАНА СИЛОВА УСТАНОВКА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА**

**(57) Реферат:**

Комбінована силова установка дизель-поїзда використовує різні джерела енергії - двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), енергоносієм якого є вуглеводневе паливо, та пневмодвигун, що конвертований з ДВЗ у пневмодвигун, робоче тіло якого у вигляді суміші відпрацьованих газів (ВГ) високого тиску та температури надходить із пневмобалонів, які поповнюються автономним вільнопоршневим генератором газу (ВПГГ), а крутний момент до рушійних колісних пар передається штатною гідропередачею, з якою зв'язані ДВЗ та пневмодвигун, який конвертується зі ДВЗ при подачі стиснутого повітря у циліндри головним (маневровим) пусковим клапаном, повітророзподільником та пусковими клапанами при виключеній подачі палива за сигналами контролера машиніста. Другим джерелом енергії є пневмодвигун, який тимчасово конвертується зі штатного ДВЗ під час подачі стисненої суміші (ВГ) у циліндри головним (маневровим) пусковим клапаном, повітророзподільником та пусковими клапанами при виключеній подачі палива з пневмобалонів, які з'єднані з автономним ВПГГ, що поповнює стиснуту очищену суміш (ВГ) високої температури в пневмобалонах у процесі пересування дизель-поїзда.

UA 94291 U



Корисна модель належить до транспортного машинобудування, а саме до конструкції комбінованих силових установок (КСУ) тягового рухомого складу залізниць, наприклад дизель-поїздів. На неелектрифікованих дільницях залізниць автономним рухомим складом (тепловозною тягою та дизель-поїздами) виконується біля 25 % всього пасажиропотоку. У приміському перевезенні пасажирів (на відстань біля 150 км) застосовується спеціалізований рухомий склад - дизель-поїзди з тепловозною тягою та дизельний моторвагонний рухомий склад (дизель-поїзди, рейкові автобуси). Відомі конструкції дизель-поїздів, які формуються з двох однакових головних моторних та проміжних причіпних вагонів різної кількості (наприклад, дизель-поїзди Д1 та ДР1, які експлуатуються на залізницях України, мають по два та чотири причіпних вагонів відповідно, [1]. Передбачається можливість роботи по системі багатьох одиниць.

Дизель-поїзди, як правило, облаштовуються чотиритактними дизельними двигунами потужністю не більш 800 кВт. Як передача потужності найбільш широко використовується гідравлічна передача, яка складається з гідротрансформатора і гідромуфти або з двох і більше гідротрансформаторів, [2,3]. Відпрацьовані гази дизеля з машинного відділення відводяться через випускную трубу, яка обладнана глушником. Крутний момент від силової дизельної установки за допомогою карданних валів передається через осьові редуктори на рушійні колісні пари головного вагона дизель-поїзда (подібно трансмісії автотранспортних засобів).

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) не пристосовані до роботи як силова установка транспортних засобів. На режимах холостого ходу та малих навантаженнях двигун має найвищі питомі витрати палива, які викликані нестабільною роботою паливної апаратури та агрегатів наддування, низькою якістю робочого процесу, [4]. Значними за часом тривалості роботи транспортних двигунів, у т. ч. дизель-поїздів, є неусталені процеси, які викликають підвищену витрату палива та підвищений викид токсидів з відпрацьованими газами (ВГ).

Особливістю експлуатації дизель-поїздів приміського руху є наявність частих зупинок (відстань між зупинками складає від 3 до 10 км), що викликає значний час роботи двигуна на холостому ході, малої (не номінальної) потужності, на неусталених процесах. Поїзди значну частину часу знаходяться в містах та передмісті, де на вокзалах завжди є компактне скупчення пасажирів. У той же час концентрацію шкідливих речовин (ШР) у атмосфері сільської місцевості, передмісті та в місті можливо співвідносити як 1:3:10, [5,6]. Тому зменшення токсичності відпрацьованих газів та шуму працюючих двигунів дизель-поїздів є обов'язковою умовою.

Для підвищення економічності та зменшення впливу відпрацьованих газів на навколишнє середовище та населення розробляються різного роду гібридні та комбіновані силові установки, які являють собою комбінації декількох двигунів, що працюють на різних фізичних принципах. Найбільше застосування вони мають на автомобільному транспорті, [6,7]. На залізничному транспорті гібридні силові установки (ГСУ) застосовуються з накопичувачами енергії, які складаються з акумуляторних батарей, електрохімічних конденсаторів (компанії Alstom, GE, Hitachi, Брянський машинобудівний завод РФ та інші), а також двох, трьох й навіть чотирьох дизельні тепловози, газодизельні двигуни. Серійно виготовляються тягові агрегати (дизель-електровози) з електричною передачею потужності в складі електровоза керування, дизельної секції та вантажного думпкара, які застосовуються в кар'єрах металургійних комплексів. Очікується, що застосування гібридних (комбінованих) силових установок дозволить зменшити витрати палива на 20-30 % та кількість планових технічних обслуговувань, збільшити міжремонтні пробіги, до 30 % знизити викиди шкідливих речовин, [6]. Гострота проблеми збільшується також в умовах зростання дефіциту вуглеводневого палива та збільшення його вартості, що потребує зменшення його витрат.

Опалення пасажирських салонів дизель-поїздів повітряне калориферне з використанням тепла охолоджуючої води дизеля. Під час стоянок прогрів салонів виконується за допомогою казана, який працює на дизельному паливі. Для швидкого розігріву салонів після довготривалої стоянки використовується тепло гідропередачі, яку переводять в столовий режим. У опалювальний період дизель-поїздів, як правило, вся теплота системи охолодження дизеля та казана використовується тільки для опалювання салонів.

Запуск двигунів дизель-поїздів виконується стартер-генераторами, які живляться від акумуляторних батарей. Керування дизель-поїздом виконується за допомогою контролера машиніста та електропневматичної апаратури.

На транспортних та стаціонарних двигунах знайшли застосування системи повітряного пуску (пневмопуск), при якому колінчастий вал обертається під дією стиснутого повітря, яке подається у циліндри дизеля під час такту розширення, для чого застосовують балони з тиском повітря у 3...6 або 15МПа, [8].

В системі пуска деяких двигунів невеликої потужності використовуються балони з тиском 3...6 МПа й понижувати тиск не потрібно (редукційний клапан не застосовується). Головний (маневровий) пусковий клапан має пневматичне або гідравлічне керування і дозволяє виконати декілька пусків дизеля не зачиняючи вентилі пускових балонів. Тривалість процесу пуску, як правило складає 7-8 секунд, [8]. В системах пуску деяких двигунів компресори відсутні й в пускові балони замість повітря накачується відпрацьований газ під час роботи двигуна на холостому ході, що виключає підігрів суміші при подачі у циліндри двигуна. Пускові клапани розташовують в кришках циліндрів. Така система при відсутності подачі палива дозволяє конвертувати дизельний двигун у пневматичну розширювальну машину (ПРМ). У такому разі тиск повітря, яке подається у циліндри двигуна з пневмоакумулятора, повинен бути нижче максимального тиску згоряння.

До особливих конструкцій двигунів належать двигуни з поршнями, які рухаються вільно (ВПД). Поршні не пов'язані з шатунно-кривошипним механізмом й рухаються від дії змінних сил тиску газів. Двигуни, поршні яких вільно рухаються, за принципом роботи підрозділяються на дві основні групи: двигуни-компресори (вільнопоршневі дизель-компресори - ВПДК) та двигуни-генератори газу (вільнопоршневі генератори газу - ВПГГ), що працюють як дизелі, [8,9]. Дизель-компресори забезпечують тиск повітря у розмірі 7...40 МПа. Дизель-компресори низького тиску мають одноступеневий компресор без проміжних холодильників. Дизель-генератори газу на виході мають температуру відпрацьованих газів 400...500 °С.

Організація та умови протікання робочого процесу ВПД забезпечують високий коефіцієнт корисної дії (ККД) та динамічні показники при відсутності димлення, вібрацій та фундаменту. На довготривалих режимах холостого ходу ВПД мають витрату палива у 30-35 разів меншу в порівнянні з тепловозним дизелем або дизелями дизель-поїзда та практично відсутні неусталені процеси, [9]. ВПД є найкращим двигуном для створення пневматичного акумулятора з використанням як робоче тіло стиснутого повітря або відпрацьованих газів в суміші з повітрям. Перед закачуванням відпрацьованих газів у пневмоакумулятор (балони) доцільно виконувати фільтрацію вловлювачами твердих частинок та зовнішню нейтралізацію продуктів згоряння двигуна сучасними каталізаторами, [6].

Недоліками існуючих конструкцій дизель-поїздів є те, що при коротких пробігах та частих зупинках на залізничних станціях дизельні двигуни більшу частину часу працюють на ненормальних режимах та холостому ході, які є неекономічними та неекологічними режимами. На цих режимах роботи двигуни мають підвищену витрату палива, димність (особливо при зрушенні з місця) та шумність.

Концентрація шкідливих речовин з систем живлення паливом, змащення, вентиляції картерів та відпрацьованих газів двигунів у місцях стоянки (наприклад, на вокзалах) створює екологічну небезпеку пасажиром та обслуговуючому персоналу. При пересуванні у приміській зоні та у містах дизель-поїзди створюють шкідливий вплив на навколишнє середовище викидами двигунів та шумом. Тому, зменшення витрати палива та викидів шкідливих речовин дизель-поїздами у приміському русі є актуальною задачею.

Рішення задачі пропонується виконати створенням більш екологічно чистих та одночасно більш економічних комбінованих (гібридних) силових установок для дизель-поїздів.

Відома комбінована силова установка автотранспортного засобу (АТЗ), яка прийнята як найближчий аналог (патент на корисну модель №82136 "Комбінована силова установка автотранспортного засобу" від 25.07.2013, бюл. №14 та патент на винахід №103978 "Комбінована силова установка автотранспортного засобу" від 10.12.2013, бюл. №23) містить два двигуни, що використовують різні джерела енергії - двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) і пневмодвигун, виконаний з можливістю проходження робочого тіла із пневмобалона через теплообмінник, встановлений в приймальній трубі глушника, а обидва двигуни механічно пов'язані з механізмом трансмісії, що з'єднує двигуни з колесами ведучого моста, механізм трансмісії виконано у вигляді планетарного механізму, один вал якого пов'язаний з ДВЗ, другий - з пневмодвигуном, а третій - з ведучими колесами автотранспортного засобу (АТЗ) та автономним компресором, причому, згідно з корисною моделлю та винаходом, в рідинний патрубок системи охолодження ДВЗ встановлено додатковий теплообмінник для попереднього нагріву робочого тіла перед його нагрівом у теплообміннику, розташованому в приймальній трубі глушника.

Енергоносієм у пневмосистемі є стиснуте до високого тиску (наприклад, 25-30 МПа) повітря, що зберігається у пневмобалоні при температурі навколишнього середовища. Повітря, що надходить з балона, дроселюється в редукторі високого тиску до робочого тиску 0,6-1,5 МПа зі значним зниженням температури нижче температури навколишнього середовища.

Для підвищення ККД пневмодвигуна і енергетичної активності стиснутого повітря, перш ніж останнє надійде у двигун і виконає роботу, його підігрівають у додатковому теплообміннику до рівня, що перевищує температуру навколишнього середовища (наприклад, понад 70-80 °С). При цьому гарячим теплоносієм, що підігріває стиснуте повітря, служить рідина системи охолодження ДВЗ, а додатковий теплообмінник розташований у рідинному патрубку системи охолодження ДВЗ. В теплообміннику, який розташований у приймальній трубі глушника ДВЗ, робоче тіло може нагріватися до температури 350...450 °С. В процесі підігріву густина стиснутого повітря зменшується, а отже, зменшується витрата робочого тіла для виконання робочого циклу в пневмодвигуні. Зниження питомої витрати повітря на відтворення одиниці потужності пневмодвигуна приводить до підвищення ефективності ККД КСУ в цілому, а також дозволяє збільшити пробіг АТЗ між заправленнями пневмобалона. Для швидкого включення та відключення подачі підігрітого стиснутого повітря в пневмодвигун служить електронний регулятор тиску з електропневмоклапаном, які конструктивно являють собою регульований дросельний пристрій, що забезпечує такий рівень тиску стиснутого повітря на вході в пневмодвигун, при якому досягається необхідний режим руху АТЗ, що задається педаллю циклової подачі палива у ДВЗ. Встановлений між електронним регулятором тиску і пневмодвигуном повітряний ресивер служить для згладжування пульсацій тиску, що виникають внаслідок нерівномірності надходження повітря в циліндри пневмодвигуна. Зовнішня поверхня повітряного ресиверу термоізольована від навколишнього середовища. Узгодженість роботи ДВЗ і пневмодвигуна забезпечує електронний блок керування, який одержує інформацію про режим роботи двигуна, що надходить від педалі циклової подачі палива, від датчиків що реєструють режими роботи кожного з двигунів і наявність стиснутого повітря в пневмобалони.

Стиснуте повітря закачується в пневмобалон в стаціонарних умовах, а також може надходити в нього через зворотний клапан від автономного компресора, що знаходиться на борту АТЗ. Це дозволяє поповнювати запаси повітря в балоні гібридної установки в процесі її пересування. Планетарний механізм дозволяє загрузити компресор від нуля до максимальної продуктивності, що обмежується тільки потужністю ДВЗ.

Рішення за найближчим аналогом дозволяє одержати зниження витрати палива й викиду токсичних компонентів у навколишнє середовище, утилізує частку теплової енергії відпрацьованих газів для підігріву повітря до його надходження в пневмодвигун, проте має ряд недоліків. Причини, що перешкоджають досягненню технічного результату, полягають у наступному. Розташування теплообмінника у приймальній трубі глушника призведе до появи додаткового опору відпрацьованих газів, закоксуванню й забрудненню газоповітряного тракту, що зменшує витрату повітря. У той же час відношення тиску наддування  $P_s$  до тиску у випускному колекторі  $P_T - \frac{P_s}{P_T}$  - є важливим параметром, що впливає на економічність роботи ДВЗ.

Зниження відношення  $P_T - \frac{P_s}{P_T}$  чотиритактних дизельних двигунів (наприклад, двигунів дизель-поїздів типу ДР1) призводить до збільшення насосних втрат, зниженню коефіцієнтів наповнення та надлишку повітря, падінню ефективного ККД, росту питомої ефективної витрати палива, зниженню моторесурсу та можливе виникнення помпажу турбокомпресору й збільшення температури відпрацьованих газів. Крім того розташування теплообмінника у приймальній трубі глушника потребує додаткових витрат на очищення теплообмінника від нагару та сажових відкладень.

Використання теплоти рідини системи охолодження ДВЗ для підвищення енергетичної активності енергоносія, що подається у пневматичний двигун з балонів, не завжди можливо реалізувати. Наприклад, опалення пасажирських салонів дизель-поїздів - повітряне калориферне з використанням теплоти охолоджуючої води дизеля. Під час стоянок та значному зниженні температури навколишнього середовища прогрів салонів виконується також за допомогою казана. Тому у опалювальний період дизель-поїздів теплота системи охолодження дизеля та казана використовується, як правило, тільки для опалювання салонів та підігріву палива.

За цими двома причинами ефективність запропонованої комбінованої силової установки з двома теплообмінниками, якими двічі передбачається підігрівати стиснуте повітря теплою відпрацьованих газів та рідини охолодження ДВЗ, буде значно знижена.

Привід автономного триступеневого компресора виконано від планетарного механізму трансмісії ведучого моста, що дозволяє навантажувати компресор від нуля до максимальної продуктивності, яка обмежується тільки потужністю ДВЗ. Накачка повітря у пневмобалони

автономним компресором потребує додаткової витрати палива на режимах роботи двигуна не обов'язково економічних, а тільки за сигналом наявності повітря у балонах, що знижує позитивний результат такої КСУ.

5 Третій вал планетарного механізму трансмісії пов'язано з ведучими колесами АТЗ та автономним компресором, який таким чином має можливість підключення для накачування повітря у пневмобалони й на режимах гальмування, тобто компресор має постійний привід за час роботи ДВЗ та руху АТЗ. Це призводить до неефективної витрати палива на привід компресору та збільшення кількості ВГ, додатковому зносу його деталей, у т.ч. при роботі на холостому ході.

10 Таким чином, наведений винахід та корисна модель дозволяють одержати зниження витрати палива й викиду токсичних компонентів у навколишнє середовище, проте мають такі істотні недоліки:

- розташування теплообмінника у приймальній трубі глушника приведе до росту питомої ефективности витрати палива, викидів шкідливих речовин та витрат на технічне обслуговування;
- 15 - використання теплоти рідини системи охолодження ДВЗ не завжди можливе, якщо вона витрачається на опалення, наприклад, салонів дизель-поїздів та автобусів;
- накачка повітря у пневмобалони компресором, який має механічний привід від ДВЗ, не обов'язково буде виконуватися на економічних режимах, що приведе до додаткової витрати палива та викидів шкідливих речовин;
- 20 - компресор має постійний (механічний) привід за весь час роботи ДВЗ та руху АТЗ, що призводить до марної витрати палива та зносу деталей компресора, збільшення кількості ВГ;
- велика кількість додаткових складових КСУ (два планетарних механізму трансмісії, два теплообмінника, компресор, пневмодвигун, пневмобалони та інше) ускладнюють конструкцію АТЗ та збільшують витрати на технічне обслуговування та відбір потужності ДВЗ на власні потреби.

25 В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити КСУ ТЗ, що дозволить зменшити витрати вуглеводневого (дизельного) палива і викидів відпрацьованих газів у місцях з великою кількістю людей, наприклад на пасажирських вокзалах залізниць, а також при пересуванні дизель-поїздів на територіях великих міст, спростити конструкцію КСУ та зменшити витрати на технічне обслуговування.

Поставлена задача вирішується виключенням із складу КСУ другого джерела енергії у вигляді пневмодвигуна, який планетарним механізмом трансмісії пов'язано з ведучим мостом. Як пневмодвигун (другого джерела енергії) використовується штатний ДВЗ, на який встановлюється обладнання як для пневмозапуску, при якому колінчастий вал обертається під дією стиснутого повітря, яке подається в циліндри дизеля під час такту розширення з виключеною подачею палива. Кришки циліндрів традиційного ДВЗ обладнуються пусковими клапанами, які підключаються до балонів із стиснутим повітрям головним (маневровим) пусковим клапаном, тобто двигун стає конвертованим, [8].

40 Не обмежене пересування ТЗ, наприклад дизель-поїзда, за наявністю стиснутого повітря в балонах забезпечується бортовим джерелом стиснутого повітря у вигляді автономного ВПГГ, який значно економічніше традиційних ДВЗ, простий в експлуатації та ремонті. ВПГГ дозволяє стиснути повітря до потрібного значення, яке забезпечує рушення дизель-поїзду з місця та необхідну швидкість руху, що задається контролером машиніста.

45 В пневмоакумулятор (балони) замість повітря закачуються відпрацьовані вихлопні гази, які виробляються ВПГГ й мають температуру 400-500 °С, що призводить до енергетичної активності стиснутої суміші перш ніж остання надійде в пневмодвигун, який сконвертовано зі штатного ДВЗ.

50 Закачування в балони відпрацьованих вихлопних газів, що виробляє ВПГГ, з високою температурою виключає зі складу КСУ два теплообмінники, якими підігрівалось стиснуте повітря перед подачею у пневмодвигун теплотою відпрацьованих газів та системи охолодження ДВЗ. Для попередження забруднення пневмосистеми вихлопні гази після ВПГГ проходять нейтралізацію продуктів згорання каталізаторами та фільтрацію вловлювачами твердих частинок (ТЧ).

55 Для збереження температури закачаної суміші (випускних газів ВПГГ) балони розміщують у термоізолюваному контейнері, а зовнішня поверхня ресиверу, що згладжує пульсації тиску, які виникають внаслідок нерівномірного надходження суміші в циліндри пневмодвигуна, сконвертованого з ДВЗ, має термоізоляцію.

60 Крутний момент до рушійних коліс передається штатними гідропередачею та карданними валами до осьових редукторів колісних пар візка. Використання одного із двигунів дизель-поїзда як ПРМ (пневмодвигуна) можливо тому, що у кожному головному вагоні є окремий штатний

двигун, який використовується при русі дизель-поїзда "уперед" (умовно двигун №1). Обернений рух виконується другим двигуном (умовно №2), який тепер стає головним і забезпечує також рух "уперед" (у зворотний бік). Тому використання одного із двигунів дизель-поїзда як пневмодвигуна без подачі палива не передбачає труднощів при установці обладнання подачі стисненого повітря у циліндри.

Застосування відмітних ознак в порівнянні з прототипом, забезпечує зменшення витрати палива та викидів відпрацьованих газів за рахунок скорочення часу роботи двигуна на неекономічних та неекологічних режимах (холостому ході, малих навантаженнях та неусталених процесах), які замінюються роботою другого двигуна як пневмодвигуна з живленням його від балонів зі стиснутою сумішшю, яка виробляється та накачується автономним ВПГГ.

При наближенні дизель-поїзда до пасажирського вокзалу на певну відстань, наприклад у 1 км, двигун вимикається й рушення потягу виконується другим двигуном, який конвертується у пневмодвигун. Віддалення від вокзалу, наприклад у 1 км, також виконується цим двигуном, який став пневмодвигуном.

Поповнення стиснутої суміші (ВГ) у балонах за допомогою автономного ВПГГ значно дешевше ніж компресором, який поєднано з основним двигуном і виконується поза територією вокзалів, що забезпечує чисте повітря та ліквідує шум роботи основного двигуна при стоянці на вокзалі, який на той час вимикається.

Конвертація одного з двигунів дизель-поїзда у тимчасовий пневмодвигун виключає із складу КСУ окремий пневмодвигун, що спрощує конструкцію КСУ, а застосування ВПГГ не обмежує час її роботи, при цьому не потрібен підігрів стиснутої суміші після дроселювання. Кількість балонів із стиснутою сумішшю (ВГ) та тривалість роботи двигуна, який став пневмодвигуном, можна корегувати в залежності від часу проїзду дизель-поїзда по великому місту.

На кресленні у вигляді блочної схеми представлена запропонована КСУ дизель-поїзда, де 1 - рама візка, 2 - рушійна колісна пара, 3 - гідропередача, 4 - ДВЗ, 5 - карданний вал, 6 - осьовий редуктор, 7 - електротермометр, 8 - газовий редуктор високого тиску, 9 - пневмобалон з запобіжним клапаном, 10 - теплоізолюваний контейнер, 11 - електромагнітний зворотний клапан високого тиску, 12 - вловлювач ТЧ, 13 - каталізатор ВГ, 14 - ВПГГ, 15 контролер машиніста, 16 - електронний блок керування, 17 електронний регулятор тиску, 18 - електропневматичний клапан регулятора; 19 - термоізолюваний ресивер, 20 - головний (маневровий) пусковий клапан, 21 - повітродіподільник, 22 - пускові пневматичні клапани.

Комбінована силова установка дизель-поїзда працює наступним чином. КСУ містить ДВЗ 4, від якого крутний момент через гідропередачу 3, карданні вали 5 та осьові редуктори 6 передається на рушійні колісні пари 2, які рамою 1 об'єднанні у візок. ДВЗ кожного головного вагона є основним джерелом енергії і кожний окремо може забезпечити рух дизель-поїзда у режимі, який задається контролером машиніста 15. Іншим джерелом енергії є пневмосистема, до якої входять ВПГГ 14, електромагнітний зворотний клапан високого тиску 11, пневмобалони 9, газовий редуктор високого тиску 8, електротермометр 7, електронний регулятор тиску 17 з електропневмоклапаном 18, які конструктивно являють собою регульований дросельний пристрій. Основна задача цього пристрою полягає у тому, щоб забезпечити такий рівень тиску стислої суміші (ВГ) на вході в головний (маневровий) пусковий клапан 20, який через повітродіподільник 21 та пускові клапани з пневматичним приводом 22 подає стиснуту суміш (ВГ) у кожний циліндр ДВЗ при відключеній подачі палива, що призводить до обертання колінчастого вала - тобто ДВЗ починає працювати як пневмодвигун і через штатну гідропередачу 3, карданні вали 5, осьові редуктори 6 крутний момент передається на рушійні колісні пари 2 і відбувається рух дизель-поїзда.

Енергоносієм у пневмосистемі є стиснена до високого тиску (наприклад, 15...20 МПа) суміш (ВГ), що зберігається у пневмобалонах 9 та постійно поповнюється автономним ВПГГ 14, який має невелику потужність, кращі економічні та екологічні показники в порівнянні з традиційними ДВЗ 4, що зменшує витрату палива та викиди відпрацьованих газів якби повітря нагніталось компресором з приводом від ДВЗ.

Суміш (ВГ), яка була нейтралізована каталізатором 13 та відфільтрована вловлювачем ТЧ 12, що надходить із пневмобалонів 9, дроселюється в газовому редукторі високого тиску 8 до робочого тиску 8-10 МПа (але не вище максимального тиску згоряння  $P_z$  у циліндрі при повному навантаженні ДВЗ). З газового редуктора високого тиску 8 суміш (ВГ) надходить до електронного регулятора 17 та електропневматичного клапана 18. Електротермометром контролюється температура суміші (ВГ) яка буде подаватися в циліндри пневмодвигуна, який сконвертовано з ДВЗ.

Встановлений між електронним регулятором тиску 17 і головним (маневровим) пусковим клапаном 20 термоізолюваний повітряний ресивер 19 служить для згладжування пульсацій

тиску, що виникають внаслідок нерівномірності надходження повітря в циліндрі ДВЗ, який у цей час працює як пневмодвигун. Головний (маневровий) пусковий клапан 20 дозволяє виконувати роботу пневмодвигуна не зачиняючи вентилі пускових балонів. Стиснена та очищена суміш (ВГ) надходить в головний (маневровий) пусковий клапан 20 і якщо його відкрито, повітря підводиться паралельно до повітророзподільника 21 та до пневматичних пускових клапанів 22. Крізь повітророзподільник 21 стиснута суміш (ВГ) відповідно до порядку роботи циліндрів двигуна надходить до поршнів керування пусковими клапанами 22 і клапани відчиняються. У циліндри тепер пневмодвигуна стиснута та очищена суміш (ВГ) направляється поза повітророзподільник, через який проходить невелика частина повітря, що потрібна для керування пусковими клапанами.

Узгодженість роботи ДВЗ - пневмодвигуна і ВПГГ забезпечує електронний блок керування 16, що одержує інформацію про тягове зусилля КСУ, яка надходить від контролера машиніста 15 та від датчиків, що реєструють режими роботи кожного з елементів пневмосистеми і наявність стисненого повітря в пневмобалонах 9.

Керування роботою елементів КСУ здійснюється в такій послідовності. При наближенні дизель-поїзда до зупинки (вокзалу або пункту зупинки) машиніст на певній відстані (наприклад у 1 км) вимикає двигун 4, який був тяговим, і додатковим контактом контролера машиніста 15 надає сигнал електронному блоку керування 16, який надає команду електронному регулятору тиску 17 та його електропневмоклапану 18 на подачу стисненої суміші (ВГ) до головного (маневрового) пускового клапана 20 й далі повітророзподільник 21 направляє повітря до пускових пневматичних клапанів 22. З моменту обертання колінчастого вала гідропередача 3 з режиму змазування (холостого ходу) переходить у режим навантаження та передає крутний момент колісним парам 2. Подальший рух дизель-поїзда продовжується сконвертованим у пневмодвигун штатним двигуном. При зупинці дизель-поїзда від дії штатного пневматичного гальма гідропередача 3 вимикається і за сигналом її датчика електронний блок керування 16 через електронний регулятор тиску 17 зупиняє подачу стисненої суміші (ВГ).

Початок руху дизель-поїзда після стоянки здійснюється також по сигналу контролера машиніста 15 електронному блоку керування 16 і дія пневмосистеми КСУ повторюється як це було до зупинки з тією різницею, що гідропередача 3 зразу починає роботу у режимі навантаження. Після віддалення від стоянки (наприклад, вокзалу) на певну відстань (наприклад, у 1 км) машиніст включає двигун головного вагона, який рухається уперед, і установлює позицію контролера машиніста 15, яка відповідає швидкості руху дизель-поїзда (за показниками штатного швидкостеміра), при цьому одночасно вимикається електронним блоком керування пневмосистема забезпечення стиснутою сумішшю (ВГ) пневмодвигуна, який стає традиційним ДВЗ.

Керування КСУ "заднього" головного вагона здійснюється за допомогою штатного обладнання та ланцюгів системи керування багатьма одиницями. Якщо рух дизель-поїзда виконується таким чином, що головним вагоном є вагон, де розміщено двигун (наприклад, обернений рух), який може конвертуватися у пневмодвигун, керування КСУ остається таким же, як у попередньому прикладі. Поповнення стиснутої суміші (ВГ) пневмосистеми КСУ здійснюється автономним ВПГГ 14 за командою електронного блоку керування 16 за сигналом від пневмобалонів 9. ВПГГ 14 працює незалежно від роботи двигуна/пневмодвигуна 4, як правило, поза стоянкою. Для забезпечення руху дизель-поїзда у великих містах, де час роботи сконвертованого двигуна у режимі пневмодвигуна значно збільшується, кількість пневмобалонів може корегуватися після випробувань на таких дільницях. Якщо в окремих випадках електронним блоком керування ВПГГ буде включено, то його викиді відпрацьованих газів завжди менші викидів традиційного двигуна. Паливом ВПГГ забезпечується штатною паливною системою дизель-поїзда.

Поставлена задача на розроблення КСУ більш економічною та екологічною для дизель-поїздів вирішено створенням гібридної КСУ, що використовує різні джерела енергії - енергію вуглеводневого палива та енергію стиснутої суміші (ВГ), при цьому обидва види енергії використовуються одним й тим же двигуном, що працює в залежності від потреби як традиційний ДВЗ на вуглеводневому паливі або як пневмодвигун, що живиться від балонів зі стисненою сумішшю (ВГ). У балонах стиснена суміш (ВГ) поповнюється автономним ВПГГ, який має кращі економічні та екологічні показники в порівнянні з традиційним ДВЗ. Накачка пневмосистеми КСУ замість повітря відпрацьованими газами (сумішшю продуктів згорання та залишками надувального повітря з високою температурою) виключає підігрів суміші (ВГ) при подачі у циліндри двигуна, при цьому в конструкції КСУ відсутні теплообмінники. Для конвертації ДВЗ в пневмодвигун він обладнується пневматичними пусковими клапанами, а перехід від ДВЗ до пневмодвигуна і обернено виконується за командою контролера машиніста.



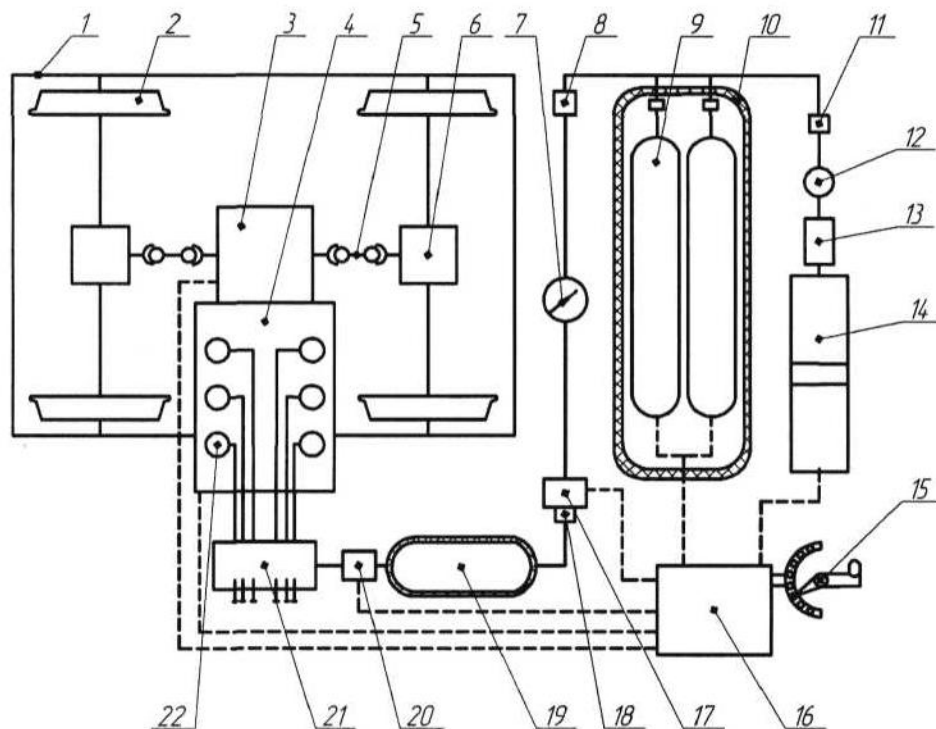
У результаті є можливість виключити роботу ДВЗ на режимах з низкою паливною економічністю та високою токсичністю відпрацьованих газів, знизити витрату вуглеводневого палива та шкідливий вплив цих газів на навколишнє середовище, спростити конструкцію КСУ дизель-поїзда, зменшити витрати на технічне обслуговування.

5 Джерела інформації:

1. Лернер Б.М. Дизель-поезда. Устройство, ремонт, эксплуатация [Текст] / Б.М.Лернер, Н.П.Ковалёв, В.П.Лебедев, А.А. Курятников. - М.: Транспорт, 1982.-279 с.
2. Шаройко П.М. Гидравлические передачи тепловозов [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / П.М. Шаройко, В.Т. Серeda. - М.: Транспорт, 1969. - 160 с.
- 10 3. Овчинников В.М. Гидравлические передачи тепловозов [Текст]: учебное пособие / В.М. Овчинников, В.А. Халиманчик, В.В. Невзоров. -Гомель: БелГУТ, 2006. - 155 с.
4. Симеон А.Э. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания [Текст]: 2-е изд. перераб. и доп. / А.Э.Симеон, А.З.Хомич, С.Г.Жалкин. - М.: Транспорт, 1987. - 536 с.
- 15 5. Басов Г.Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України [Текст]: Монографія / Г.Г. Басов. - Харків: Апекс+, 2004. - 240 с
6. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згорання [Текст]: Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / А.П.Марченко, М.К.Рязанцев, А.Ф.Шеховцов. - Харків: НТУ "ХПІ", 2004. - 360 с
7. Бажинов О.В. Гібридні автомобілі [Текст] / О.В. Бажинов, О.П. Смірнов, С.А. Серіков, А.В. Гнатов, А.В. Колесніков. - Харків: Крок, 2008. - 327 с.
- 20 8. Банков Б.П. Дизели [Текст]: Справочник / Б.П. Байков, С.М. Баранов, В.А. Ваншейдт и др. – М.: Машиностроение, 1977. - 480 с.
9. Алексеев, В.П. Двигатели внутреннего сгорания [Текст]: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др. - М.: -Машиностроение, 25 1990. - 288 с.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 30 Комбінована силова установка дизель-поїзда, що використовує різні джерела енергії - двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), енергоносієм якого є вуглеводневе паливо, та пневмодвигун, що конвертований з ДВЗ у пневмодвигун, робоче тіло якого у вигляді суміші відпрацьованих газів (ВГ) високого тиску та температури надходить із пневмобалонів, які поповнюються автономним вільнопоршневим генератором газу (ВПГГ), а крутний момент до рушійних колісних пар
- 35 передається штатною гідروпередачею, з якою зв'язані ДВЗ та пневмодвигун, який конвертується зі ДВЗ при подачі стиснутого повітря у циліндри головним (маневровим) пусковим клапаном, повітродозподільником та пусковими клапанами при виключеній подачі палива за сигналами контролера машиніста, яка **відрізняється** тим, що другим джерелом енергії є пневмодвигун, який тимчасово конвертується зі штатного ДВЗ під час подачі стисненої суміші (ВГ) у циліндри головним (маневровим) пусковим клапаном, повітродозподільником та
- 40 пусковими клапанами при виключеній подачі палива з пневмобалонів, які з'єднані з автономним ВПГГ, що поповнює стиснуту очищену суміш (ВГ) високої температури в пневмобалонах у процесі пересування дизель-поїзда.




---

Комп'ютерна верстка О. Рябко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601