

EDN: MVIUEM

УДК 62-146.2

С. А. ГОРОЖАНКИН, В. Р. СТЕПАКИНФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПАУНДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. В работе проведен анализ существующих методов повышения топливной экономичности поршневых двигателей внутреннего сгорания. совершенствования их рабочего цикла путем использования энергии продуктов сгорания. Рассматриваются турбокомпаундные схемы двигателей, турбоэлектрогенераторы, работающие на отработавших газах и передающие энергию тяговым электродвигателям, а также дополнительные двигатели, использующие теплоту этих газов. Предложена возможность совершенствования рабочего цикла комбинированных ДВС с применением расширительной машины роторно-пластинчатого типа. Представлена возможная схема двигателя с расширительной машиной, предназначенной для повышения топливной эффективности бензинового двигателя транспортного средства категории М1. Показаны преимущества предложенного метода рекуперации энергии отработанных газов. Приведены результаты расчетов и графики, демонстрирующие увеличение коэффициента полезного действия силовой установки автомобиля, схема совместной работы компаундной расширительной машины и базового двигателя.

Ключевые слова: комбинированный цикл, компаунд, отработанные газы, теплота, утилизация.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Поршневые двигатели постоянно совершенствуются в первую очередь по экологическим и экономическим показателям. Однако в последние годы наметилась тенденция к снижению темпов улучшения этих показателей. Совершенствование традиционных циклов уже оказывается недостаточно эффективным и могут быть востребованы нетрадиционные комбинированные рабочие циклы ДВС.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Увеличение мощности и крутящего момента поршневого двигателя, снижение относительных выбросов (в расчете на единицу эффективной мощности) вредных газов за счёт передачи на вал двигателя дополнительного крутящего момента без увеличения расхода топлива.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Проблема утилизации энергии, теряемой с выхлопными газами, решается различными способами. Наиболее широкое применение получили турбокомпаундные двигатели большой мощности. Для поршневых двигателей в настоящее время могут применяться три типа принципиальных компаундных схем:

- схема с механической связью газовой турбины с коленчатым валом ДВС через дополнительный редуктор;
- схема с турбоэлектрогенератором, энергия которого передаётся тяговым электродвигателям транспортного средства;
- дополнительный тепловой двигатель (паровой, двигатель Стирлинга и др.).

Помимо этого, теплота отработавших газов может быть использована для вспомогательных устройств – различного рода нагревателей, отопителей и др. с соответствующими теплообменниками.

© С. А. Горожанкин, В. Р. Степакин, 2023



Все перечисленные способы можно разделить на внешнюю утилизацию энергии, к которой относится использование турбокомпрессора или утилизирующей турбины (турбокомпаунд). Под внутренней утилизацией подразумевается использование энергии выхлопных газов внутри цилиндров двигателя, например, циклы полного расширения.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ЦИКЛ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В предлагаемом комбинированном цикле осуществляется двойное расширение рабочего тела с целью более полного использования теплоты, подведенной к рабочему телу в процессе сгорания. На рис. 1 представлены теоретические индикаторные диаграммы и расчетные параметры теоретического цикла с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто) «abzса» (рис. 1, а), и комбинированного цикла «асzbb'a'a» (рис. 1, б) для двигателя ВАЗ-21127. Расчеты показывают, что становится возможным увеличение индикаторной работы цикла в 1,13 раза. В результате вычислений установлено, что номинальная мощность двигателя с 78 кВт может быть увеличена до 85,7 кВт благодаря установке компаундной расширительной машины.

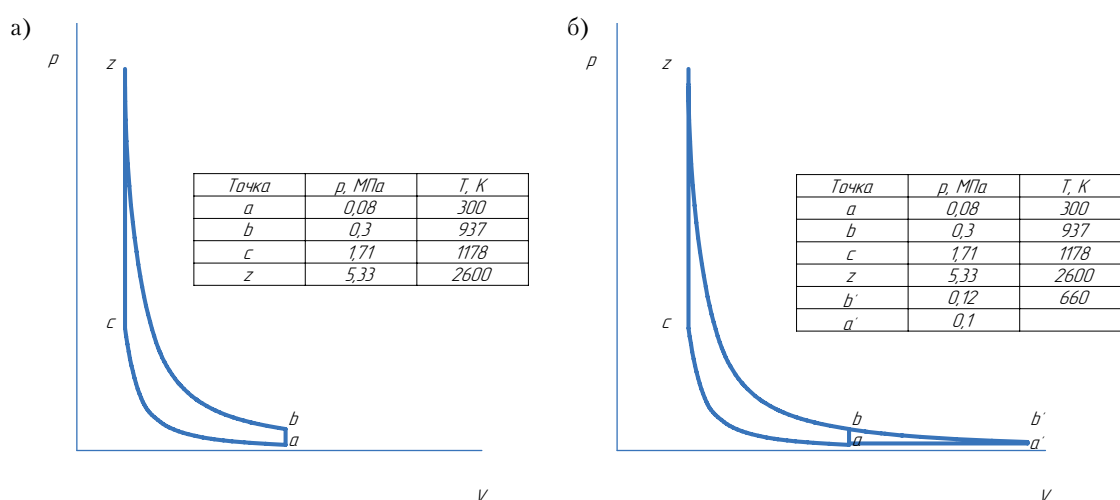


Рисунок 1 – Индикаторные диаграммы: а) цикл Отто; б) цикл ДВС расширительной машиной (комбинированный цикл).

Это дает возможность снизить удельный эффективный расход топлива 0,232 кг/(кВт·ч) до 0,211 кг/(кВт·ч). Результат получен при условии, что КПД компаундной машины составляет 0,7, что примерно соответствует КПД центробежных турбин, применяемых в турбокомпрессорах.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА

Известные конструкции двигателей с применением компаундной турбины достаточно сложны в связи необходимостью установки дорогостоящей зубчатой передачи с гидромuftой от вала турбины к коленчатому валу ДВС, применяемой в двигателях грузовых автомобилей. В данном случае предлагается в качестве компаунда применить одновальный пластинчатый (шиберный) двигатель, который обладает следующими преимуществами: небольшие габариты, простота конструкции и технологии изготовления.

Компаундный двигатель устанавливается на место штатного выхлопного коллектора, как это представлено на рис. 2, подключается к системам смазки и охлаждения двигателя. Механической передачей осуществляется связь вала компаунда и коленчатого вала ДВС. Передача вращения от ротора к коленчатому валу ДВС может быть обеспечена зубчатой либо ременной передачей.

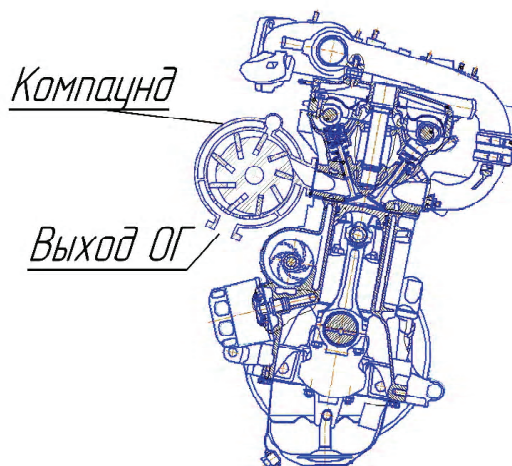


Рисунок 2 – Поперечный разрез компаундного двигателя.

ВЫВОД

Данная конструкция, помимо повышения мощности и снижения расхода топлива ДВС, выполняет также функцию выпускного коллектора и предварительного глушителя шума. Компаундный двигатель не создаёт значительного противодействия при выходе отработанных газов из цилиндра в конце процесса выпуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов, М. Д. Основы теории и конструкции автомобиля. Учебник для техникумов / М. Д. Артамонов, В. А. Иларионов, М. М. Морин ; 2-е изд., исп. и перераб. – Москва : «Машиностроение», 1974. – 288 с. – Текст : непосредственный.
2. Касьянов, В. М. Гидромашины и компрессоры / В. М. Касьянов – Москва : Изд-во «Недра», 1970. – 232 с. – Текст : непосредственный.
3. Егорушкин, В. Е. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие для машиностроительных техникумов / В. Е. Егорушкин, Б. И. Цеплович. – Москва : Изд-во «Машиностроение», 1981. – 268 с. – Текст : непосредственный.
4. Руководство по эксплуатации автомобиля LADA Granta и его модификаций (состояние на 02.02.2023 г.). – Тольятти : издательство ООО «Двор печатный АВТОВАЗ», 2023 – 204 с. – Текст : непосредственный.
5. Тер-Мкртчян, Г. Г. Двигатели внутреннего сгорания с нетрадиционными рабочими циклами : учебное пособие / Г. Г. Тер-Мкртчян. – Москва : МАДИ, 2015. – 80 с. – Текст : непосредственный.
6. Хейвуд, Р. В. Анализ циклов в технической термодинамике / Р. В. Хейвуд ; перевод с английского. – Москва : Изд-во «Энергия», 1979. – 280 с. – Текст : непосредственный.

Получена 19.04.2023

Принята 23.05.2023

С. А. ГОРОЖАНКІН, В. Р. СТЕПАКІН
 ПРИНЦИПОВІ СХЕМИ ПОБУДОВИ КОМПАУНДНИХ ДВИГУНІВ
 ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ
 ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
 м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. У роботі проведено аналіз існуючих методів підвищення паливної економічності поршневих двигунів внутрішнього згоряння, вдосконалення їхнього робочого циклу шляхом використання енергії продуктів згоряння. Розглядаються турбокомпаундні схеми двигунів, турбоелектрогенератори, що працюють на газах, що відпрацьовали і передають енергію тяговим електродвигунам, а також додаткові двигуни, що використовують теплоту цих газів. Запропоновано можливість удосконалення робочого циклу комбінованих ДВЗ із застосуванням розширювальної машини роторно-пластинчастого типу. Представлено можливу схему двигуна з розширювальною машиною, призначеною для підвищення паливної ефективності бензинового двигуна транспортного засобу категорії М1. Показано переваги запропонованого методу рекуперації енергії відпрацьованих газів. Наведено результати розрахунків та

графіки, що демонструють збільшення коефіцієнта корисної дії силової установки автомобіля, схема спільної роботи компаундної розширювальної машини та базового двигуна.

Ключові слова: комбінований цикл, компаунд, відпрацьовані гази, теплота, утилізація.

SERGEY GOROZHANKIN, VIACHESLAV STEPAKIN
SCHEMATIC DIAGRAMS OF THE CONSTRUCTION OF COMPOUND
INTERNAL COMBUSTION ENGINES

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The paper analyzes the existing methods for improving the fuel efficiency of reciprocating internal combustion engines, improving their operating cycle by using the energy of combustion products. Turbo-compound schemes of engines, turboelectric generators operating on exhaust gases and transmitting energy to traction motors, as well as additional engines using the heat of these gases are considered. The possibility of improving the working cycle of combined internal combustion engines with the use of an expansion machine of a rotary-lamellar type is proposed. A possible scheme of an engine with an expansion machine designed to improve the fuel efficiency of a gasoline engine of a M1 category vehicle is presented. The advantages of the proposed method of waste gas energy recovery are shown. The results of calculations and graphs demonstrating the increase in the efficiency of the power plant of the car, the scheme of joint operation of the compound expansion machine and the base engine are presented.

Keywords: combined cycle, compound, exhaust gases, heat, utilization.

Горожанкин Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Член диссертационных советов Д 01.005.01 (ДонНАСА) и Д 01.025.02 (ДонНУЭТ). Член редколлегии научных журналов «Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки»; «Строитель Донбасса»; «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры»; «Современное промышленное и гражданское строительство»; «Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта». Научные интересы: теплонасосные установки, работа автомобилей и их двигателей на неустановившихся режимах.

Степакин Вячеслав Романович – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: теплонасосные установки, работа автомобилей и их двигателей на неустановившихся режимах.

Горожанкін Сергій Андрійович – доктор технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Член дисертаційних рад Д 01.005.01 (ДонНАБА) і Д 01.025.02 (ДонНУЕТ). Член редколегії наукових журналів «Вісник Донецького національного університету. Серія Г: Технічні науки»; «Будівельник Донбасу»; «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури»; «Сучасне промислове та цивільне будівництво»; «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту». Наукові інтереси: теплонасосні установки, робота автомобілів і їх двигунів на невстановлених режимах.

Степакін В'ячеслав Романович – магистрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: теплонасосні установки, робота автомобілів і їх двигунів на невстановлених режимах.

Gorozhankin Sergey – Sc. D. (Eng.), Professor; Automobile Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation, Makeyevka, DPR, Russian Federation. Member of the dissertation Councils D 01.005.01 (DonNASA) and D 01.025.02 (DonNUET). Member of the editorial board of scientific journals «Bulletin of Donetsk National University. Series G: Technical Sciences»; «The Donbas Contractor»; «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»; «Modern Industrial and Civil Construction»; «Bulletin of the Donetsk Academy of Motor Transport». Scientific interests: heat pump installations, operation of cars and their engines in unsteady modes.

Stepakin Viacheslav – master's student, Automobile Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: heat pump installations, operation of cars and their engines in unsteady modes.