

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Е. Д. ПЕТУХОВИЧ, студент

Г. М. КУХАРЕНОК, д-р техн. наук, профессор
УО «Белорусский национальный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в настоящее время получили широкое распространение во многих отраслях хозяйственной деятельности. Постоянный рост выпуска ДВС остро ставит проблему их качественного совершенствования, в основе которого – увеличение мощности, снижение расхода топлива, дымности и токсичности отработавших газов, улучшение эксплуатационных показателей и т. д.

Одним из направлений достижения указанной проблемы является совершенствование рабочего процесса ДВС. Схема реализации рабочего процесса базируется на традиционных двух- и четырехтактных циклах, которые практически не изменились за всю историю развития двигателей.

Поэтому во всем мире ведутся работы по новым, нетрадиционным, модифицированным рабочим циклам ДВС.

Цель работы. Изучение возможности использования нетрадиционных ДВС в качестве силовой установки в современных тракторах и автомобилях.

Материалы исследований. В двухтактных двигателях все рабочие циклы (процессы впуска топливной смеси, выпуска отработанных газов, продувки) происходят в течение одного оборота коленчатого вала за два основных такта [1, 2].

В четырехтактном двигателе рабочий цикл осуществляется за 4 хода поршня или два оборота коленчатого вала и включает следующие такты: впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск.

Дополнительные такты добавляют к четырем тактам традиционного цикла с целью реализовать продолженное расширение рабочего тела или обеспечить дополнительный отвод и рекуперацию теплоты от деталей цилиндра-поршневой группы.

Пятитактный двигатель ILMOR разработан английской компанией *Iltmor Engineering* [3]. Двигатель имеет добавленный такт рабочего цикла и обеспечивает продолженное расширение. Главной задачей проекта являлось создание бензинового двигателя с высокой удельной

мощностью, не уступающего по топливной экономичности дизелям, но лишённого присущего последним недостатка в виде повышенной эмиссии оксидов азота и сажи. Три цилиндра пятитактного ДВС имеют разный диаметр. Внешние цилиндры высокого давления (ВД) малого диаметра работают по обычному четырехтактному циклу. В среднем цилиндре низкого давления (НД) большого диаметра происходит продолженное расширение газов, которое разработчики и назвали пятым тактом.

Шеститактным двигателем называют ДВС, у которого к четырем тактам традиционного цикла добавлены два дополнительных такта. Шеститактные двигатели, как правило, являются однообъемными с совершением всех тактов цикла в одном цилиндре. Во время дополнительных тактов к рабочему телу подводится теплота от нагретых поверхностей камеры сгорания, которая утилизируется на такте расширения. Американским инженером *Б. Кроуэром* разработана конструкция и изготовлены образцы двигателей, в цилиндры которых после завершения такта выпуска подается вода под давлением 15 МПа [4]. Отбирая теплоту от нагретых поверхностей камеры сгорания, вода испаряется. При ходе поршня от ВМТ к НМТ водяной пар, расширяясь, совершает полезную работу (пятый такт – паровой рабочий ход). При ходе поршня от НМТ к ВМТ (шестой такт) осуществляется выпуск отработавшего пара. Внутреннее охлаждение позволяет существенно повысить степень сжатия двигателя с искровым зажиганием, что также положительно скажется на топливной экономичности.

Двигатель *Баюласа* разработан в компании Bajulaz S. A. (Швейцария) [5, 6]. В этом двигателе реализован рабочий процесс с воспламенением от сжатия. В головке цилиндра размещены камера сгорания и камера нагрева, а также четыре клапана, два из которых управляют процессами впуска и выпуска, а два других расположены в каналах, соединяющих цилиндр с камерами сгорания и нагрева. Утилизация теплоты отработавших газов способствует повышению топливной экономичности двигателя Баюласа.

В канадской компании Revelation Power Technology разработана конструкция и изготовлены образцы *восьмитактного* двигателя, в двухцилиндровом модуле которого поршень второго (правого) цилиндра движется с запаздыванием на 90° относительно поршня первого (левого) цилиндра [7]. Первый цилиндр оснащен впускным клапаном для подачи топливно-воздушной смеси и перепускным клапаном, соединяющим первый и второй цилиндры. Второй цилиндр имеет впускной клапан для подачи воздуха и выпускной клапан для удаления

отработавших газов. Рабочий цикл двигателя осуществляется за два оборота коленчатого вала.

Двигателями с *разделенными тактами* называются такие, в которых такты рабочего цикла осуществляются в разных цилиндрах, как правило, в двух. При этом двигатель состоит из двухцилиндровых модулей. Полный рабочий цикл происходит, как правило, за один оборот коленчатого вала, хотя двигатель является четырехтактным.

В 60-х годах XX столетия профессор Ленинградского института авиационного приборостроения В. М. Кушуль предложил двигатель, в котором попарно расположенные цилиндры сообщаются между собой через тангенциальный канал [8]. Движение поршней происходит с некоторым сдвигом по фазе. Поршень второго цилиндра отстает на $22\dots 24^\circ$ по углу поворота коленчатого вала от поршня первого, что достигается особым расположением цапфы прицепного шатуна.

Степень сжатия в первом цилиндре равна 7, как в двигателях с искровым воспламенением, а во втором – 21. При этом общая для блока из двух цилиндров степень сжатия равна 10.

В последние годы наиболее активно разрабатывает концепцию разделенного цикла фирма *Scuderi Group* (США) изобретателя К. Скудери [9]. В двигателе один цилиндр предназначен для впуска и сжатия, а второй цилиндр – для расширения (рабочего хода) и выпуска отработавших газов. Цилиндры соединяются между собой перепускным каналом с клапанами, по которому сжатая топливно-воздушная смесь поступает в рабочий цилиндр. Поршни в параллельных цилиндрах движутся с небольшим смещением по фазе (ориентировочно около 30°), обеспечивая последовательное, но почти одновременное протекание двух тактов. Когда в первом цилиндре (компрессорном) осуществляется впуск или сжатие, во втором цилиндре, соответственно, происходит расширение или выпуск.

Компания *Zajac Motors* работает над созданием концептуального двигателя [10] с отдельными функциями цилиндров, который значительно увеличивает время сгорания топлива при помощи специальной внешней камеры сгорания, попав в которую происходит сгорание топливной смеси.

Группа ученых из университетов Пиза (Италия) и Мэдисон (США) на базе двигателя с разделенным циклом разрабатывают концепцию *Homogenous Charge Progressive Combustion* (НСРС), являющуюся разновидностью рабочего процесса с самовоспламенением гомогенной смеси НССН [11]. Как и в других двигателях с разделенными тактами, в двигателе, реализующем процесс НСРС, имеются два цилиндра, в одном из которых 7 (компрессорном) осуществляются впуск и сжатие,

а в другом (рабочем) – сгорание, расширение и выпуск. Цилиндры соединены перепускным каналом, в который производится впрыск топлива несколько позже ВМТ поршня рабочего цилиндра. В это время поршень компрессорного цилиндра движется к своей ВМТ, перемещая воздушный заряд через перепускной канал в рабочий цилиндр.

Наиболее радикально процесс сгорания отделен от других *составляющих* рабочего цикла в двигателе, предложенном немецкой фирмой DIROKonstruktion [12]. В головке цилиндра двигателя *DIRO* размещен вращающийся золотник, содержащий две камеры сгорания, попеременно сообщающиеся с рабочей полостью цилиндра. Камеры сгорания с интервалом в 180° периодически соединяются с рабочей полостью цилиндра в конце такта сжатия и начале такта рабочего хода. Золотник совершает один оборот за четыре оборота коленчатого вала.

Заключение. Новым, нетрадиционным, модифицированным рабочим циклом ДВС присущ ряд серьезных недостатков, в первую очередь заключающихся в значительном усложнении конструкции, что не позволяет их внедрить в массовое серийное производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Двигатели внутреннего сгорания теории и расчета: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок. – Горки: БГСХА, 2011. – 312 с.
2. Карташевич, А. Н. Теория автомобилей и двигателей: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. А. Рудашко. – Минск: РИПО, 2018. – 307 с.
3. Пятитактный двигатель от Ilmor Engineering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bikepost.ru/blog/engine/2441/pjatitaktnyj-dvigatel-ot-ilmor-engineering.html>. – Дата доступа: 10.01.2019.
4. Шеститактный двигатель Кроуэра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/815714>. – Дата доступа: 10.01.2019.
5. Двигатель с двумя циклами рабочего хода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
6. Тер-Мкртчян, Г. Г. Двигатели внутреннего сгорания с нетрадиционными рабочими циклами: учеб. пособие / Г. Г. Тер-Мкртчян. – М.: МАДИ, 2015. – 80 с.
7. Восьмитактные двигатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.by/images/search/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
8. Кушуль, В. М. Знакомьтесь, двигатель нового типа / В. М. Кушуль. – Л.: Судостроение, 1966. – 18 с.
9. Двигатель Скудери [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zr.ru/content/articles/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
10. Двигатели фирмы ZajacMotors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autorepeople.ru/news/technology/3725.html>. – Дата доступа: 10.01.2019.
11. Eight Companies Determined to Change Diesel Engines Forever [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trucktrend.com/features/1203dp-eight-companies-determined-to-change-diesel-engines-forever/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
12. Двигатель DIROKonstruktion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.Diro-konstruktion.de/>. – Дата доступа: 10.01.2019.