

УДК 621

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**Денис Владимирович Топильский**

студент

**Михаил Сергеевич Колдин**

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В представленной статье проведен анализ конструкции двигателей внутреннего сгорания, их технических характеристик. Перечислены недостатки и преимущества исследуемых конструкций. Рассмотрены примеры некоторых типов двигателей.

**Ключевые слова:** автомобилестроение, автомобиль, двигатель, конструкция, характеристики.

Двигатель – это "сердце" автомобиля, которое преобразует тепловую энергию от сгорания топлива в механическую энергию. Двигатели делятся на: двигатель внутреннего сгорания (рисунок 1) и электродвигатель [1-3].

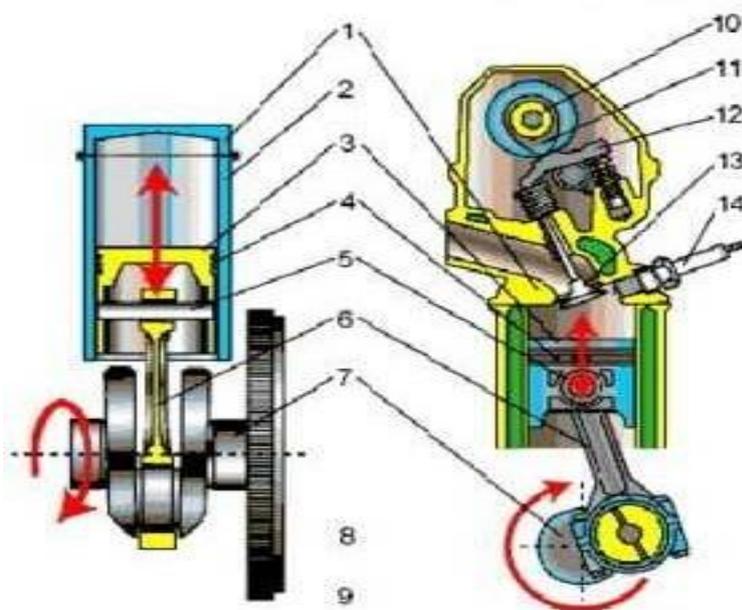


Рисунок 1 - Схема конструкции двигателя внутреннего сгорания в продольном и поперечном разрезе:

1 - головка цилиндра, 2 - цилиндр, 3 - поршень, 4 - поршневые кольца, 5 - поршневой палец, 6 - шатун, 7 - коленчатый вал, 8 - маховик, 9 - кривошип, 10 - распределительный вал, 11 - кулачок, 12 - рычаг, 13 - клапан, 14 - свеча зажигания.

В свою очередь, двигатели внутреннего сгорания делятся на: бензиновые и дизельные. Бензиновые двигатели делятся на: карбюраторные и инжекторные. Бензиновые двигатели внутреннего сгорания делятся на: 1) V-образные двигатели по принципу конструкции; 2) рядные 3) VR-образные; 4) W-образные 5) оппозитные 6) роторные (двигатель Ванкеля). За исключением роторных двигателей, количество цилиндров во всех вышеперечисленных бензиновых двигателях внутреннего сгорания может быть разным.

V-образный двигатель представляет собой компактную конструкцию двигателя. В этом типе цилиндры расположены двумя рядами под углом друг к другу, не на прямой линии друг с другом. Угол между цилиндрами варьируется от 10 до 180 градусов. Угол образует форму латинской буквы "V", и именно поэтому этот двигатель называется V-образным.

Когда двигатель имеет более четырех цилиндров, они делятся на два блока цилиндров по три цилиндра (или более) с каждой стороны. Конструкция

такого типа значительно уменьшает высоту, длину и вес двигателя по сравнению с рядным двигателем с таким же количеством цилиндров [4-6].

С другой стороны, двигатели "V" имеют сложную конструкцию и, следовательно, отличаются высокой стоимостью изготовления по сравнению с рядным двигателем аналогичной мощности. 2-цилиндровый "V", также известный как "V-Twin"; обычно используется для спортивных мотоциклов высокого класса. С другой стороны, в superbайках высокого класса используется дизайн V-4. В автомобилях высокого класса обычно используются конструкции "V6", "V8" и "V12". Одним из самых известных V-образных двигателей является восьмицилиндровый двигатель Small Block от Chevrolet.

Преимущества V-образных двигателей: компактность, малый вес, высокая мощность, длительный срок службы.

К недостаткам относятся: сложная конструкция, затрудняющая техническое обслуживание и ремонт, а также проблемы с балансировкой и сильные вибрации. V-образные двигатели более дороги в обслуживании, и для их ремонта необходимо обращаться к специалистам.

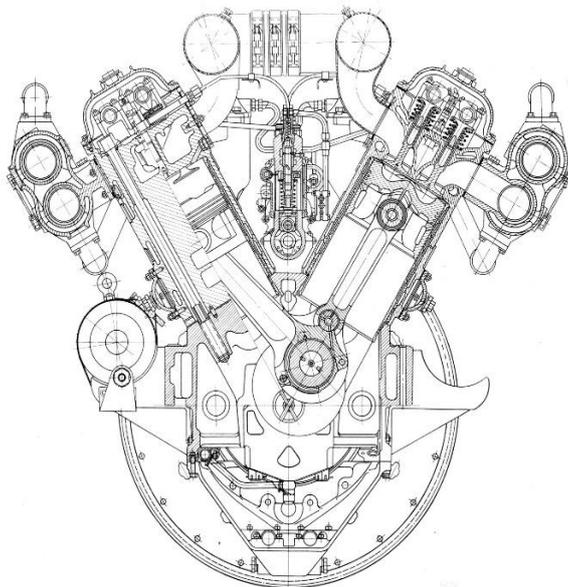


Рисунок 2 - Схема конструкции V-образного двигателя внутреннего сгорания.

Рядный двигатель – это конфигурация двигателя внутреннего сгорания с рядным расположением цилиндров и поршней, которые, в свою очередь, вращают коленчатый вал (рисунок 3). Его часто обозначают как Ix или Lx, где x

- количество цилиндров в двигателе. По этой схеме конструируются двигатели легковых и грузовых автомобилей, тракторов, а также судовых двигателей с низкими оборотами. Известным представителем является двигатель ВАЗ 11182.

Основными преимуществами рядных конфигураций двигателей являются простота конструкции, производительность, благоприятные условия работы кривошипно-шатунного механизма (КШМ), более равномерный износ, удобство и простота обслуживания:

Помимо большой длины, рядные двигатели также имеют другие недостатки, такие как большой вес, ограничение мощности, плохая сбалансированность.

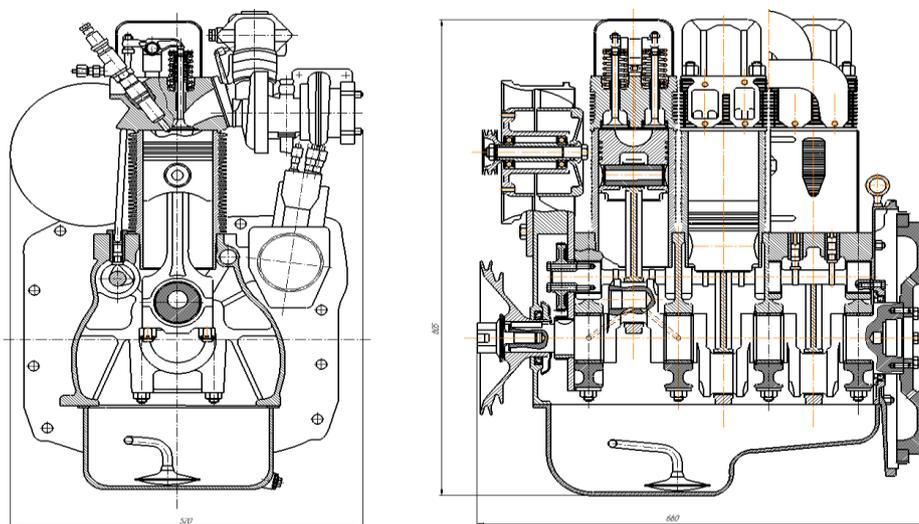


Рисунок 3 - Схема конструкции рядного двигателя внутреннего сгорания.

Двигатели VR представляют собой, по сути, смесь рядного двигателя и двигателя V-образной конфигурации (рисунок 4). VR - это V-образный двигатель с очень узким углом 10,6 или 15 градусов между рядами цилиндров, но с одной головкой блока цилиндров, что позволяет использовать только 2 распределительных вала (DOHC) независимо от того, имеет ли двигатель 2 или 4 клапана на цилиндр.

Самым известным автомобилем с двигателем типа VR является Mitsubishi Galant VR-4. Кроме того, такая схема компоновки используется в автомобилях Volkswagen, Audi и Seat.

Преимущества двигателя типа VR: длина двигателя небольшая, плавность хода высокая, а центр тяжести снижен.

Недостатком двигателей VR является огромная вибрация: чтобы как-то сбалансировать двигатель рядно-смещённой конфигурации, необходимо значительно утяжелить коленчатый вал и маховик, использовать балансировочный вал, специальные подушки двигателя и другие технические решения.

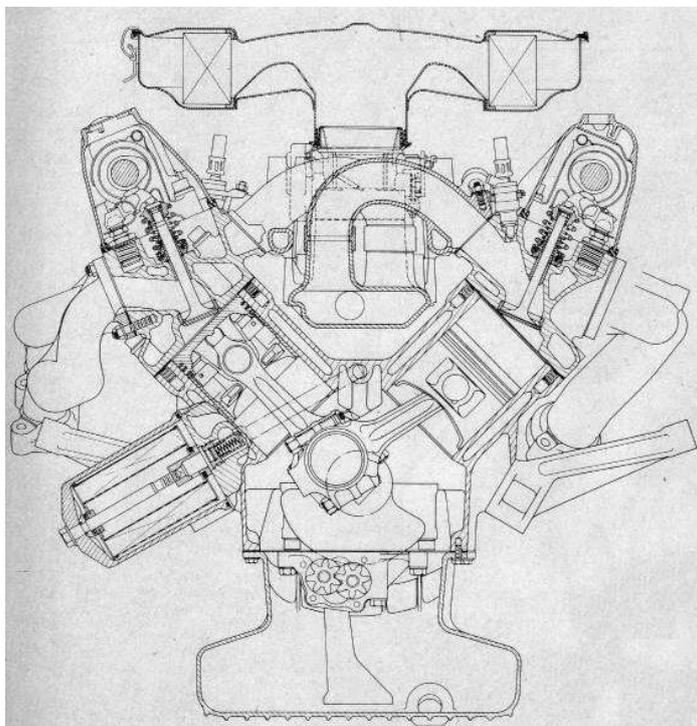


Рисунок 4 - Схема конструкции VR-образного двигателя внутреннего сгорания.

Двигатели W представляют собой более сложную конструкцию, в которой дополнительные блоки цилиндров расширяют конфигурацию, придавая ей форму буквы "W" (рисунок 5). Обычно это три или четыре блока цилиндров, использующих один и тот же коленчатый вал, но сконфигурированных таким образом, чтобы обеспечить возможность разместить большее количество цилиндров в сравнительно компактном пространстве. В большинстве случаев этот тип двигателя выпускается как минимум в шестицилиндровом исполнении. В дополнение к шестицилиндровым двигателям на автомобили устанавливаются восьми- и двенадцатицилиндровые двигатели, позволяющие получить высокий крутящий момент и максимальную мощность.

К преимуществам W-образного двигателя можно отнести его компактность это значительно экономит пространство под капотом, в

следствии может быть установлено дополнительное оборудование: турбины, компрессоры, гидроусилитель рулевого управления. Еще одним преимуществом является повышенная мощность и крутящий момент по сравнению со стандартным V-образным двигателем и его более низкая стоимость за счет экономии материалов.

Недостаток W-образной конструкции двигателя – тонкие шатуны - всего 13 мм. Это связано с тем, что коленчатый вал этих двигателей намного меньше, чем у V-образных двигателей с таким же количеством цилиндров. Эта функция не позволяет устройствам типа W стать сердцем гоночных автомобилей и болидов.

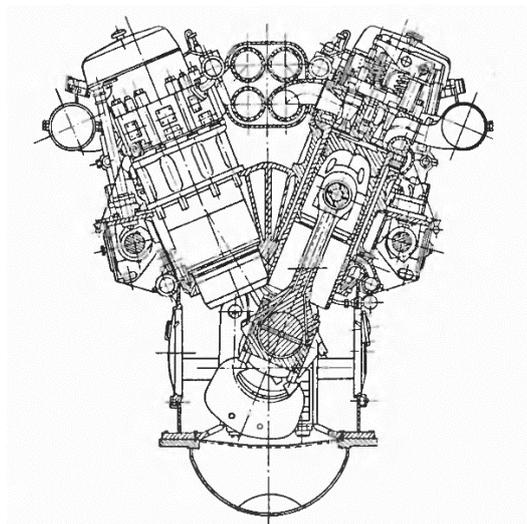


Рисунок 5 - Схема конструкции W-образного двигателя внутреннего сгорания.

Оппозитный двигатель – поршневой двигатель внутреннего сгорания, в котором угол между рядами цилиндров составляет 180 градусов, а противоположные поршни перемещаются зеркально относительно друг друга (рисунок 6). Данный двигатель имеет более низкий центр тяжести, чем двигатель, в котором цилиндры расположены вертикально или под углом. Кроме того, противоположное движение поршней позволяет взаимно нейтрализовать вибрации.

Преимуществами оппозитного двигателя являются: снижение центра тяжести транспортного средства, что положительно сказывается на его устойчивости; увеличенный ресурс двигателя (при правильной эксплуатации

достигает примерно 1 млн. км); за счет особого взаимодействия поршней снижается уровень вибрации и шума.

К недостаткам можно отнести: трудоемкий ремонт, повышенный расход моторного масла. Для ремонта двигателя его полностью снимают. Однако проблема не в этом. Заменяемые детали очень дороги, а сборка двигателя занимает много времени. Если при ремонте рядного двигателя водитель может самостоятельно заменить свечи зажигания, в случае оппозитного двигателя это невозможно.

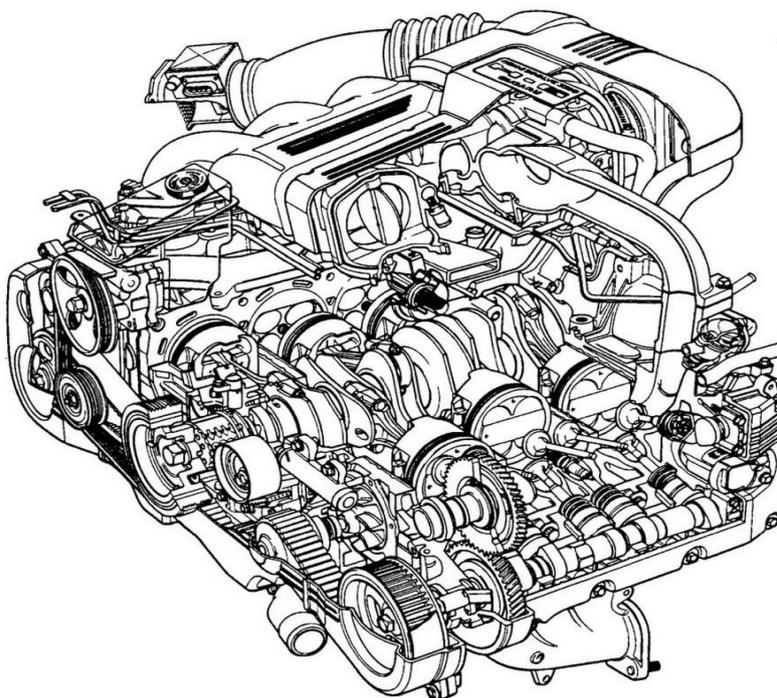


Рисунок 6 - Схема конструкции оппозитного двигателя внутреннего сгорания.

Роторные двигатели – это семейство тепловых двигателей аналогичной конструкции, объединенных одной главной характеристикой - типом движения основного рабочего элемента (рисунок 7). Во вращающихся двигателях основной подвижный рабочий элемент двигателя - ротор - совершает вращательное движение. Двигатели должны обеспечивать на выходе вращательное движение главного вала. В роторных двигателях нет необходимости в дополнительных механизмах для достижения вращательного движения, в то время как в поршневых двигателях внутреннего сгорания необходимо использовать большие и сложные шатунные механизмы для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное

движение коленчатого вала. Компоненты роторного двигателя: 1 – эксцентриковый вал, 2 – ротор с шестернёй, 3 – корпус, 4 – неподвижная шестерня на боковой крышке 5; 6 – радиальная уплотнительная пластина, 7 – торцевая уплотнительная пластина, 8 – противовес, 9 – крыльчатка вентилятора, 10 – маховичное магнето и пусковой механизм, 11 – подшипники эксцентрикового вала, 12 – подшипники ротора.

Преимуществами роторного двигателя являются: небольшие размеры и вес, хорошая балансировка и относительная тишина работа, быстрое достижение максимального крутящего момента и высокая мощность.

К недостаткам роторного двигателя относятся высокий расход топлива, большой расход масла и склонность к перегреву.

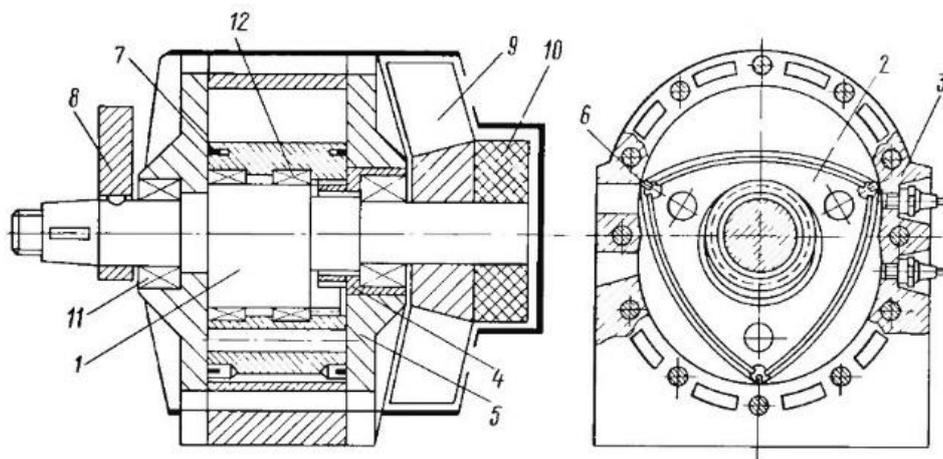


Рисунок 7 - Схема конструкции роторного двигателя внутреннего сгорания.

Наиболее распространенными двигателями в автомобильной промышленности являются рядные четырехцилиндровые двигатели, потому что, в отличие от других двигателей, они выполняют свою работу на протяжении всего цикла, потому что рядный шестицилиндровый двигатель имеет 15-градусную зону, где он не выполняет свою работу, соответственно, он проигрывает четырехцилиндровому в соотношении мощность - экономичность.

Таблица 1

Примеры моделей двигателей внутреннего сгорания

Тип двигателя/ Характеристики	Рядный/ Honda K20	V – образный/ Chevrolet	VR – образный/ Nissan	W – образный/ Volkswagen TFSI W12	Оппозитный/ Subaru EJ20	Роторный/ Mazda 13B
----------------------------------	----------------------	-------------------------------	-----------------------------	---	----------------------------	------------------------

		Small-Block	VR38DETT			
Количество цилиндров	4	8	6	12	4	–
Объём двигателя	1998	5733	3799	5998	1994	1308
Материал блока цилиндра	Алюминий	Алюминий	Алюминий	Алюминиевый сплав	Алюминий	–
Мощность (л.с.)	150-220	145-210	480-720	414-700	125-328	135-165
Крутящий момент (Н*М)	190-215	332-420	580-780	549-1017	172-431	186-201
Год выпуска	2001	1955	2007	2001	1989	2003
Система питания	инжектор	карбюратор	инжектор	инжектор	инжектор	карбюратор

Таким образом, несмотря на то, что двигатель внутреннего сгорания был изобретён достаточно давно, он постоянно совершенствуется. Но стоит отметить, что основные принципы не менялись с момента его создания.

V – образные двигатели применяются в мощных спортивных автомобилях. Рядные двигатели очень популярны и используются, по большей части, в бюджетных автомобилях. VR-образный двигатель не получил широкого распространения в автомобилестроении из-за большой вибрации и в следствии этого обязательной балансировки. W-образный двигатель и оппозитный двигатель не получили широкое распространение и их используют только ограниченный круг компаний. Роторные двигатели представляют собой амбициозную попытку – установить винтовой двигатель самолёта в дорожный автомобиль, много автомобильных производителей были втянуты в данную авантюру, однако стоит выделить компанию Mazda с их серией RX, однако данная идея не получила широкого распространения, так как двигатели были относительно ненадёжными.

### Список литературы:

1. Панин С. Изучаем двигатель Ванкеля // За рулем №12 (1002). 2014. С. 242.

2. Яманин А. И., Жуков В. А., Барышников С. О. Динамика поршневых двигателей внутреннего сгорания: учебник для вузов / - 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 592 с. ISBN 978-5-8114-8132-3.

3. Бобровник А. И., Варфоломеева Т. А. Автомобили и тракторы: учебное пособие / Минск: БНТУ. 2020. 408 с. ISBN 978-985-583-568-5.

4. Хубаева А. Е., Бородкина С. В., Колдин М. С. Применение CAD-систем при проектировании деталей машин на примере пакета КОМПАС-3D // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. EDN: ZSZRGL

5. Костин М. М., Колдин М.С. Система автоматизированного проектирования в автомобилестроении // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции, Мичуринск-научоград, 26-28 октября 2022 года. Под общей редакцией И.П. Криволапова. Мичуринский государственный аграрный университет. 2022. С. 123-127. EDN: ICROZF

6. Манаенков К.А., Колдин М.С. Подготовка инженерных кадров для реализации программ научно-технического развития АПК // Интеллектуальные технологии и техника в АПК. Материалы международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 г. Мичуринск: Изд-во "БИС". 2016. С. 26-37. EDN: YNWPFB

**UDC 621**

## **INVESTIGATION OF THE DEVICE AND PRINCIPLES OF OPERATION OF MODERN INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

**Denis V. Topiskiy**

student

**Mikhail S. Koldin**

candidate of technical sciences, associate professor

koldinms@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The presented article analyzes the design of internal combustion engines, gearboxes, and their technical characteristics. The disadvantages and advantages of the studied structures are listed. Examples of boxes and engines are considered.

**Keywords:** automotive industry, automobile, engine, transmission, gearbox.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 13.06.2024; принята к публикации 27.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 13.06.2024; accepted for publication 27.06.2024.