

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

НАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»
7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Витебск
2026

УДК 62-1

Составитель:

Н. В. Путеев

Одобрено кафедрой «Теплотехника»
УО «ВГТУ» протокол № 3 от 21.11.2025.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ» протокол № 3 от 28.11.2025.

Нагнетатели и тепловые двигатели : методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. Н. В. Путеев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2026. – 71 с.

Методические указания являются руководством по выполнению лабораторных работ по курсу «Нагнетатели и тепловые двигатели», определяют тематику лабораторных работ, структуру и содержание, методику выполнения, правила оформления отчета, порядок защиты.

УДК 62-1

© УО «ВГТУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА « ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ».....	5
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «КОНСТРУКЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ».....	21
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»	42
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЭНЕРГОУСТАНОВКИ С ПРИВОДОМ ОТ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»	58
5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА	66
6. ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Образец титульного листа отчета	70

ВВЕДЕНИЕ

Современная энергетика активно использует тепловые двигатели (ТД).

ТД применяются в составе энергоустановок для генерации электроэнергии, перекачки газов и жидкостей, получения тепла и холода.

ТД различаются по применяемому типу топлива от ископаемого, возобновляемого до солнечной энергии, а также способу преобразования исходной энергии топлива в механическую, электрическую и тепловую энергии.

Это определяет необходимость грамотного выбора типа ТД, вида топлива для минимизации затрат и повышения потребительских свойств ТД в паре с различными агрегатами, такими как генератор электроэнергии, насос, компрессор, вентилятор, холодильная установка и т. д.

Поэтому важно профессиональное знание конструкции и эксплуатации ТД, а также умение настраивать параметры ТД при работе с вышеназванными агрегатами.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»

1.1 Цель выполнения лабораторной работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний по видам ТД; формирование профессиональных навыков по применению ТД для привода энергетических агрегатов; по выбору оборудования; по технико-экономическому обоснованию правильности выбора.

1.2 Задачи студента

Задачами студента при выполнении лабораторной работы являются:

- получить индивидуальное задание на один из видов ТД;
- применить информацию из нормативной документации; справочной литературы; интернет-ресурсов;
- изучить принцип работы ТД по заданию;
- изучить виды и применяемость топлив для ТД по заданию;
- изучить применяемость различных энергетических установок в составе с ТД по заданию;
- уметь комплектовать энергоустановку с ТД по заданию из предложений компонентов на рынке;
- уметь обосновать выбор энергоустановки с ТД по заданию;
- оформить отчет по лабораторной работе, грамотно и логично изложить текст отчета;
- защитить отчет.

1.3 Виды тепловых двигателей

Тепловые двигатели используют тепло, заключенное в топливе или ином источнике энергии для изменения теплового состояния рабочего тела двигателя с дальнейшим получением механической энергии.

Тепловые двигатели, нашедшие применение в энергетике могут быть разделены на две основные группы: с внешним и внутренним подводом тепла.

1.3.1 Двигатели с внешним подводом тепла

1.3.1.1 Паровые машины

Под паровой машиной (двигателем) понимается работающий на водяном паре тепловой двигатель поршневого типа.

В современности применение паровых машин обусловлено существованием удаленных от крупных производителей электроэнергии поселений людей и наличием в таких местах дешевых видов местного твердого топлива из биомассы (дрова, древесные пеллеты, брикеты, щепа, опилки). Преимуществами паровых машин являются высокая выносливость и долговечность, простота обслуживания и ремонта, кратковременные остановки котла не ведут к немедленной остановке самой паровой машины.

Производимое в мире оборудование используется для генерации электроэнергии или когенерации, для чего производятся установки различного уровня мощности.

Главным достоинством современных паровых поршневых двигателей (машин) по сравнению с маломощными (особенно одноступенчатыми) паровыми турбинами является меньший удельный расход пара при равных параметрах давления и температуры пара на входе и выходе и при одинаковой мощности паровой машины и паровой турбины. К плюсам классических паровых машин также надо отнести, по сути, постоянный удельный расход пара при изменении нагрузки в широких пределах (в отличие от двигателей внутреннего сгорания – ДВС) при постоянной частоте вращения (работе на синхронный электрогенератор).

Также при когенерации утилизировать тепловую энергию выхлопа паровой машины выгоднее, т. к. коэффициент теплоотдачи конденсирующегося пара в теплообменнике в десятки раз выше коэффициента выхлопного газа ГПУ, паровая машина экологичнее за счет меньшего объема выбросов NO и CO. Работающие паровые двигатели замкнутого цикла менее шумные, чем ГПУ и ДВС. Паровая машина вполне может конкурировать и с паровой турбиной мощностью 1000–2500 л. с.

На рис.1 показан паровой электрогенератор Village Industrial Power.



Рисунок 1 – Паровая машина Village Industrial Power

Паровой котел установки работает от сжигания любого твердого местного топлива, развивая рабочее давление до 2МПа, имеет самодействующие впускные клапаны, применены современные углеграфитовые материалы для поверхности скольжения пары трения «цилиндр – поршень». Поэтому поршни и уплотнения являются самосмазывающимися и паровой двигатель эффективно работает без применения смазки маслом вообще.

Установки выпускаются с мощностью 10 кВт, при КПД в 10 % по электричеству установка превращает еще 60 процентов полученной энергии от сжигания топлива в тепловую энергию. Это тепло можно использовать для подогрева воды на бытовые нужды, приготовление пищи, обработка или сушка урожая.

В числе производителей паропоршневых двигателей можно назвать компанию Spilling, Tenza s. a., Energiprojekt i Sverige AB, которые производят паровые двигатели мощностью от 500 до 1000 кВт с давлением пара на входе 30–60 бар и с заявленным КПД 25–30 % (машины работают по термодинамическому циклу Ренкина с регенерацией и полезным использованием теплоты конденсации пара). Компания Foerdertechnik GmbH производит когенерационные паровые машины электрической мощностью 150 и 300 кВт и тепловой – 110 и 220 кВт соответственно, в топках паровых котлов которых можно сжигать биомассу, в частности щепу. Максимальная температура пара – 350°C, давление – 32 бар, паропроизводительность 200 кг/ч.

Промышленные установки Spilling позволяют не сбрасывать отработанный пар после теплового процесса, а сжимать для достижения пригодного для использования давления и повторно использовать без дополнительного котла. Поршневой компрессор Spilling на рисунке 2 осуществляет рециркуляцию пара с помощью сжатия пара, т. е. извлекает избыточный пар низкого давления и преобразует его в пригодный для использования пар высокого давления.

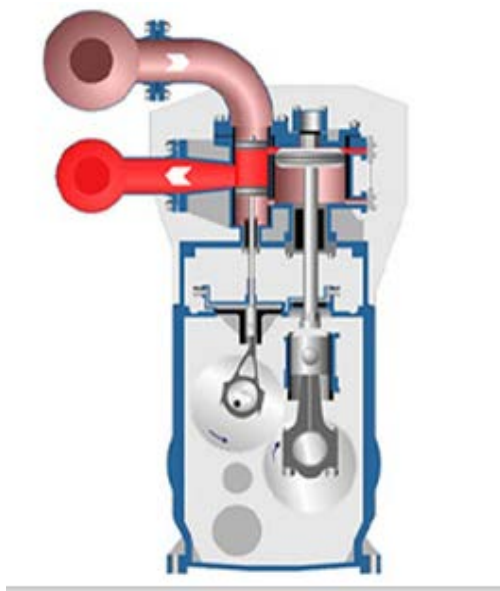


Рисунок 2 – Паровой компрессор Spilling

Конструктивно паровой компрессор Spilling представляет собой тандем из двух кривошипно-шатунных механизмов с поршнями различных диаметров.

Первый поршень значительно большего в сравнении со вторым диаметром приводится паром низкого давления. Кинематически кривошипно-шатунный механизм первого поршня связан с коленчатым валом второго поршня. Второй поршень сжимает пар до необходимого давления. Так повышается общий КПД в технологическом процессе.

1.3.1.2 Паровинтовые машины

Производятся ООО «Промышленные компоненты КАМАЗ».

Паровая винтовая машина (ПВМ) – это когенерационная установка, предназначенная для утилизации тепловой энергии пара и выработки электроэнергии.

Общий вид ПВМ приведен на рисунке 3.

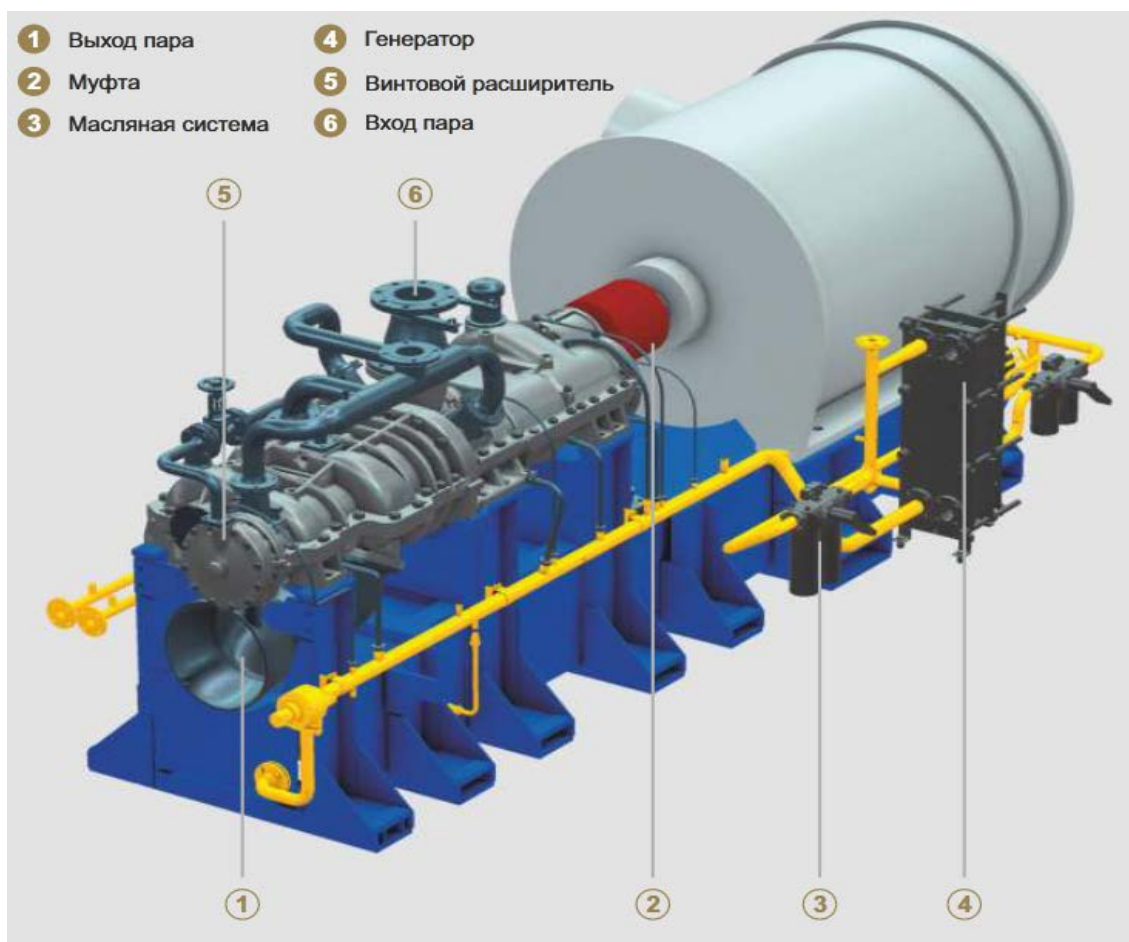


Рисунок 3 – Паровая винтовая машина

ПВМ использует в качестве основного рабочего элемента роторный механизм (винтовую пару), ведущий вал которого соединён с генератором или другим приводимым устройством (насосом, компрессором и т. п.). Роторный механизм приведен на рисунке 4.

ПВМ состоит из агрегата-расширителя, генератора, автоматической системы управления и вспомогательного оборудования. При работе ПВМ насыщенный водяной пар поступает во впускную камеру и заполняет впадины винтов роторов. Пар, попадая в полость винтов и воздействуя на их поверхности, создаёт на роторах механический крутящий момент, передаваемый приводимому в движение генератору. Достигнув максимума, пар через выпускной патрубок поступает в трубопровод низкого давления и используется далее для теплотехнических нужд потребителя.



Рисунок 4 – Роторный механизм

Основные задачи паровой винтовой машины и возможности её применения:

- непрерывная генерация электроэнергии;
- использование в качестве резервного источника электроэнергии;
- выработка электроэнергии для удалённых районов, в которых отсутствует электрическая сеть;
- использование в качестве привода оборудования воздушных компрессоров, холодильных машин, камер охлаждения и насосов;
- выработка электроэнергии при сжигании отходов и биотоплива.

Технические параметры выпускаемых ПВМ приведены на рисунке 5.

Наименование параметра	ПВМ-200	ПВМ-1000М
Тип расширителя	винтовой	винтовой
Рабочая среда	водяной пар	водяной пар
Параметры пара:		
Давление номинальное на входе, МПа (абс.)	1,0	1,4
Температура пара на входе, до °С	180	195
Давление (мин./ном) на выходе, МПа (абс.)	0,05/0,1	0,05/0,1
Температура пара (мин./ном) на выходе, °С	110/120	110/120
Расход пара, т/ч:	4	13
Электрическая мощность номинальная, кВт	200	1000
Параметры 3-фазного электрического тока:		
Напряжение, кВ	0,4	0,4 / 6 / 10
Частота, Гц	50	50 (60)*
Масса агрегата (турбины), не более, кг	1500	3600
Габариты агрегата (турбины), Д x Ш x В, мм	2000x500x1200	2420x1300x1440
Диаметр роторов, мм	200	315
Ресурс назначенный, лет	20	20
Ресурс межремонтный (КР), часов	50000	50000
Частота вращения ведущего ротора, об/мин.	7000	6000
Частота вращения выходного вала, об/мин.	3000	3000
Внутренний относительный КПД турбины, η_{oi} %	67-70	67-70
Система смазки	циркуляционная под давлением от масляного насоса	циркуляционная под давлением от масляного насоса
Объем масляного бака, л	400	800
Объем масла, заливаемого в бак (систему смазки), л	250	550
Применяемое масло	Тп-22 ГОСТ 9972-74	Турбинное Тп-46 (Тп-22) ГОСТ 9972-74
Диапазон регулирования мощности, %	20-100	15-100
Уровень воздушного шума, не более, дБА	80	80
Условия работы:		
Температура воздуха внутри помещения	+5°С...+45°С	+5°С...+45°С
Относительная влажность воздуха	До 90%	До 90%

Рисунок 5 – Параметры ПВМ производства ОАО «КАМАЗ»

1.3.1.3 Паровые турбины

Паровая турбина (рис. 6) состоит из двух основных элементов: ротора – совокупности всех вращающихся частей; и статора – совокупности неподвижных частей.

Рабочий процесс двойного преобразования энергии пара (потенциальной энергии в кинетическую, и далее – в механическую работу) происходит в проточной части паровой турбины. В состав проточной части входят сопловые (направляющие) и рабочие лопатки. Направляющие лопатки закреплены неподвижно в корпусе (статоре) турбины. В них происходит разгон потока пара и направление его на рабочие лопатки турбины под оптимальным углом.

Рабочие лопатки турбины закреплены на роторе. В каналах, образованных рабочими лопатками, происходит преобразование кинетической энергии струи пара в механическую энергию вращения ротора.

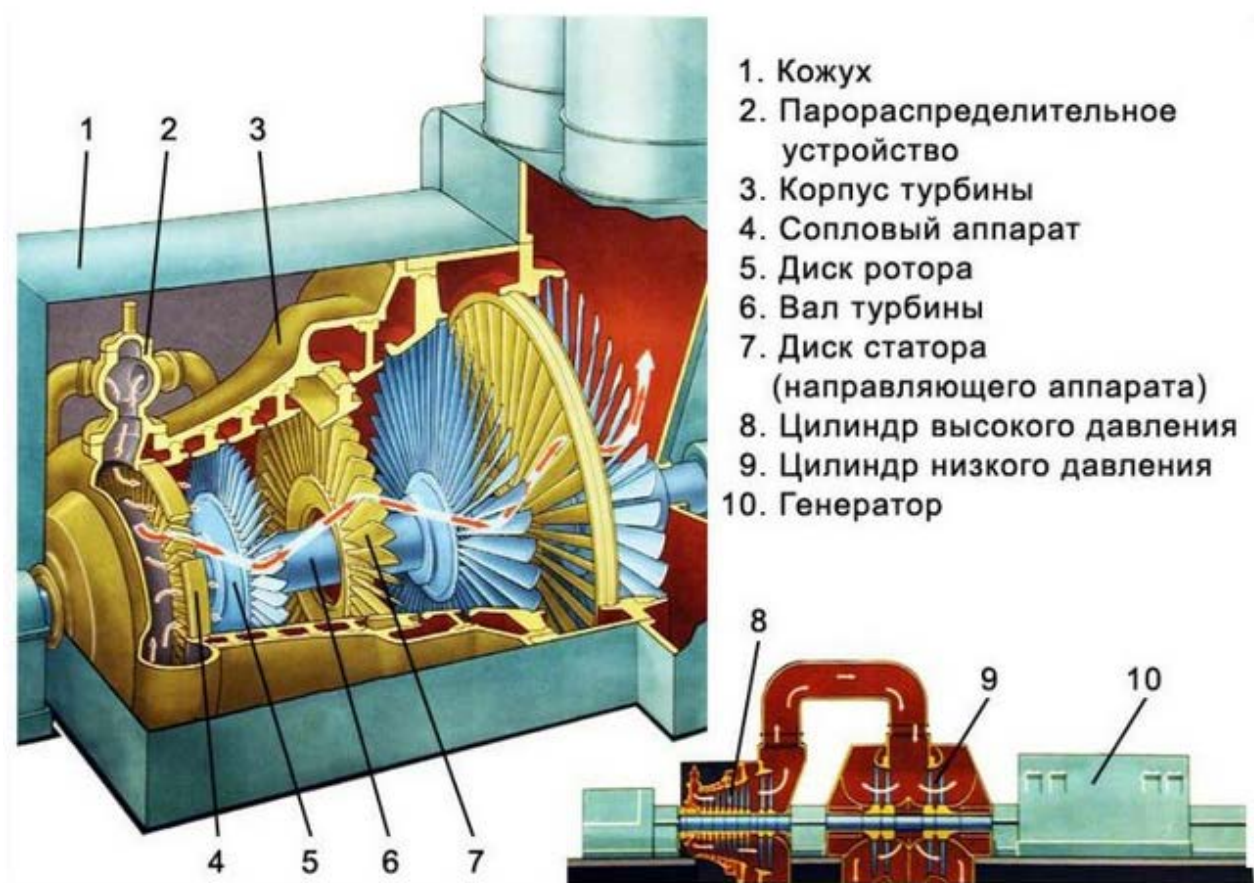


Рисунок 6 – Схема устройства многоступенчатой паровой турбины

Концы ротора турбины опираются на подшипники и уплотняются лабиринтовыми уплотнениями. Подшипники (опорные и упорный) обеспечивают вращение ротора турбины, фиксируют его в радиальном и осевом направлениях, а также воспринимают вес ротора и силы, действующие на ротор при работе паровой турбины.

Корпус турбины изготавливается из стали и должен выдерживать давления и температуры пара, работающего в проточной части турбины. Для обеспечения сборки турбины, корпус обычно имеет горизонтальный разъем. Снаружи корпус турбины покрывают слоем тепловой изоляции.

1.3.1.4 Двигатели Стирлинга

Двигатели Стирлинга – это тепловые машины, работающие по замкнутому термодинамическому циклу, в котором циклические процессы сжатия и расширения происходят при различных уровнях температур, а управление потоком рабочего тела осуществляется путем изменения его объема.

В общем виде схема работы устройства происходит следующим образом: в нижней части двигателя рабочее вещество (например, воздух) нагревается и, увеличиваясь в объеме, выталкивает поршень вверх. Горячий воздух проникает в верхнюю часть мотора, где охлаждается радиатором. Давление рабочего тела снижается, поршень опускается для следующего цикла. При этом система герметична и рабочее вещество не расходуется, а только перемещается внутри цилиндра.

На рисунке 7 показан принцип работы и такты двигателя Стирлинга.

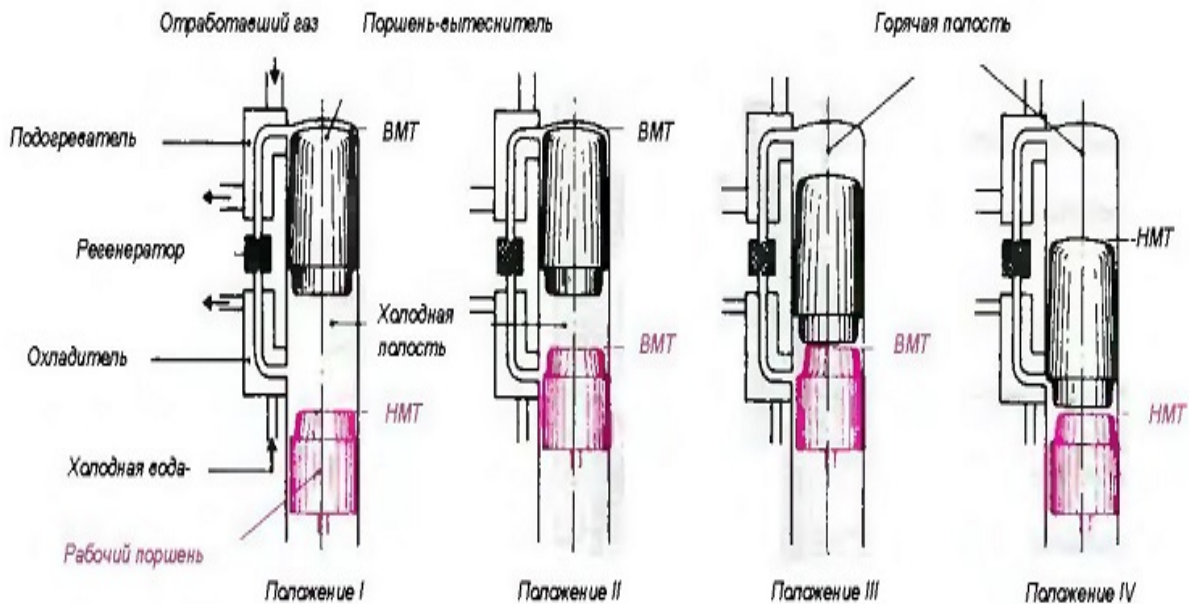


Рисунок 7 – Такты работы Двигателя Стирлинга

Существует несколько вариантов конструкции силовых агрегатов, использующих принцип Стирлинга – «Альфа», «Бета», «Гамма».

Двигатель Стирлинга бесшумен, так как в цилиндрах не происходит детонация и отсутствует необходимость вывода отработанных газов. Модификация «Бета», оснащенная ромбическим кривошипно-шатунным механизмом, является идеально сбалансированной системой, которая в процессе работы не имеет вибраций.

В цилиндрах двигателя не происходят процессы, которые могут оказать негативное воздействие на окружающую среду. При выборе подходящего источника тепла (например, солнечная энергия) Стирлинг может быть абсолютно экологически чистым силовым агрегатом.

КПД двигателей Стирлинга выше КПД двигателя внутреннего сгорания по циклу Отто (макс. 25 %) и двигателя Дизеля (до 32 %) и составляет у самых лучших образцов (32–34) %.

Недостатки машины Стирлинга:

- для получения приемлемых массогабаритных параметров необходимы давления до 20,0 МПа и применение высоко текучего гелия или взрывоопасного водорода;
- использования уплотнений, работающих без смазки;
- сложная конструкция теплообменников в горячей и холодной полости;
- сложная конструкция регенератора;
- необходимость высокоэффективной системы охлаждения для высокого КПД.

На рисунке 8 показан двигатель в составе когенерационной установки вырабатывающей дополнительно около 27 кВт тепловой энергии.



Рисунок 8 – Двигатель Стирлинга, работающий на природном газе мощностью 9 кВт.

1.3.2 Двигатели с внутренним подводом тепла

1.3.2.1 Поршневые двигатели

Поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) работают благодаря физическому эффекту теплового расширения газов. Топливо-воздушная смесь при горении увеличивает давление и температуру в камере сгорания, при этом давление газов воспринимает возвратно-поступательно движущийся поршень, а

его линейное движение преобразуется во вращательное кривошипно-шатунным механизмом.

Поршневые двигатели могут быть классифицированы по следующим признакам:

- от применяемого топлива: на двигатели легкого топлива (бензиновые, газовые, спиртовые, эфиры); тяжелого топлива (нефть, мазут, масла, дизельное); многотопливные;
- по способу подачи воздуха: атмосферные и наддувные;
- по способу смесеобразования – на двигатели с внешним смесеобразованием и с внутренним смесеобразованием;
- в зависимости от способа воспламенения смеси – с принудительным зажиганием и с воспламенением от сжатия;
- в зависимости от числа тактов – на двухтактные и четырехтактные;
- в зависимости от способа охлаждения – на двигатели жидкостного и воздушного охлаждения;
- по числу цилиндров;
- по мощности;
- с кривошипно-шатунным механизмом, бесшатунные;
- в зависимости от расположения цилиндров – рядные, V образные, звездообразные, оппозитные;
- стационарные, транспортные.

В теплоэнергетике ДВС нашли применение в когенерационных установках для выработки электричества и тепла, в передвижных дизель-генераторных, насосных и компрессорных станциях, спецтехнике.

На рисунке 9 показан двигатель Минского моторного завода MMZ-V16 для дизель-генераторных установок.

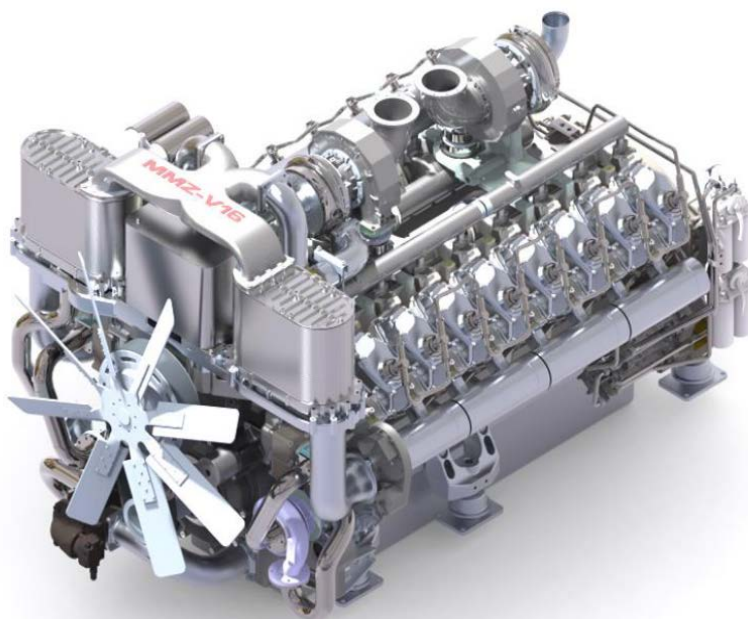


Рисунок 9 – Двигатель MMZ-V16 для дизель-генераторных установок электрической мощностью до 3000 Квт

1.3.2.2 Роторно-поршневые двигатели (РПД)

РПД работает по тем же циклам, что и классический четырехтактный ДВС (впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск), и имеет схожие системы топливоподачи и воспламенения рабочей смеси, а также охлаждения и смазки. Вместе с тем у РПД имеется ряд существенных отличий.

В классическом ДВС энергия сгорания рабочей смеси сначала преобразуется в возвратно-поступательное движение поршней и лишь затем во вращение коленчатого вала, в РПД промежуточное передаточное звено отсутствует, что увеличивает эффективность двигателя. Ротор вращается по сложной траектории, поочередно осуществляя в одной полости такты впуска, сжатия, рабочего хода и выпуска.

Отличительная особенность РПД в том, в один полный оборот уместаются все четыре цикла, благодаря этому двигатель работает плавно и эффективно распределяет энергию. Поскольку РПД вращается и не имеет традиционных клапанов, привычные для ДВС вибрации отсутствуют, достичь высоких оборотов становится гораздо проще.

На рисунке 10 показаны циклы работы РПД: впуск (голубой), сжатие (зелёный), рабочий ход (красный), выпуск (жёлтый).

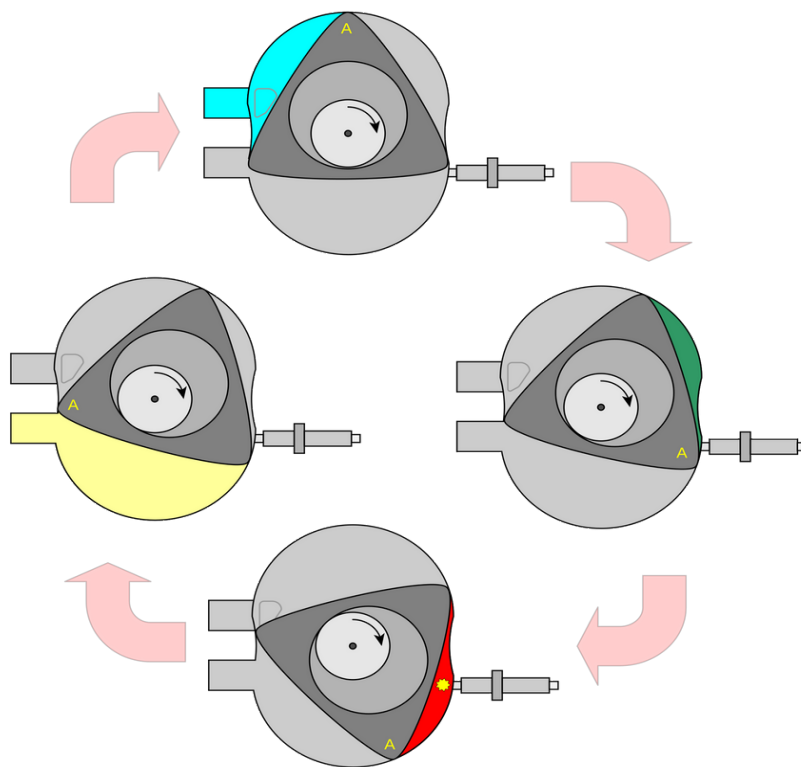


Рисунок 10 – Циклы работы РПД

В этом заключается главное преимущество РПД – высокая мощность при малых габаритах и весе, однако эксплуатационные показатели – высокий

расход топлива, повышенный расход моторного масла, повышенная токсичность выхлопных газов и склонность к быстрому износу уплотнителей ротора оставили очень малую нишу применяемости.

На рисунке 11 показан образец роторного двигателя.

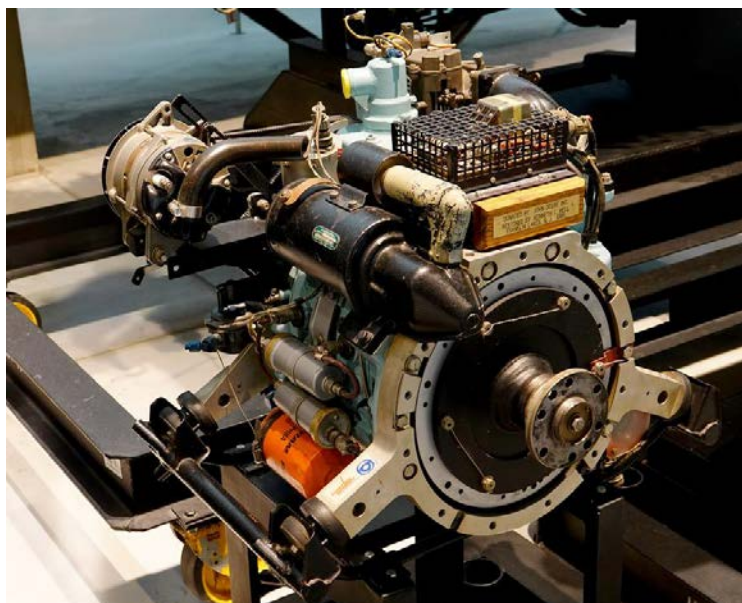


Рисунок 11 – Роторный двигатель RC2-60

На рисунке 12 приведен роторно-поршневой двигатель с треугольным ротором.

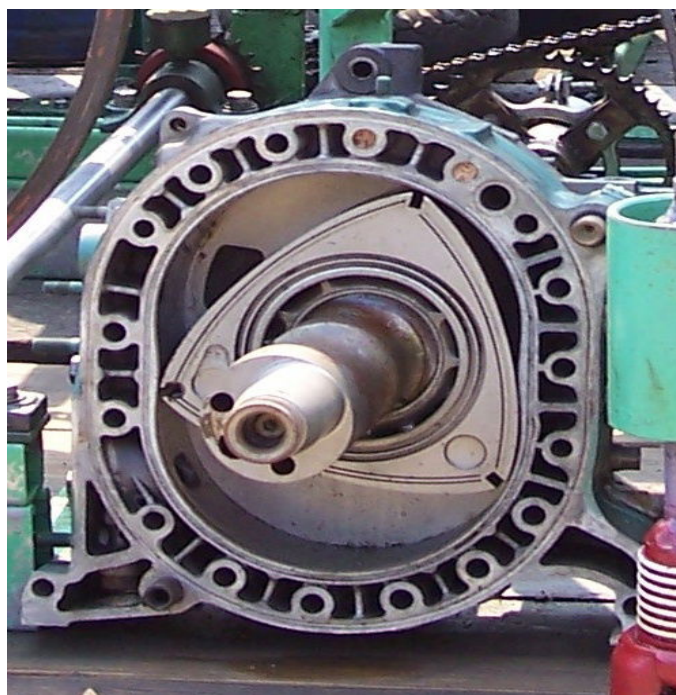


Рисунок 12 – Вид на ротор РПД

1.3.2.3 Свободнорпоршневые двигатели

Свободно-поршневой двигатель внутреннего сгорания (СП ДВС) это двигатель внутреннего сгорания, в котором отсутствует кривошипно-шатунный механизм, а ход поршня от нижней мёртвой точки в верхней мёртвой точки осуществляется под действием давления воздуха, сжатого в буферных ёмкостях, пружины или веса поршня. Указанная особенность позволяет строить только двухтактные СП ДВС. СП ДВС могут использоваться для привода машин, совершающих возвратно-поступательное движение (дизель-молоты, дизель-прессы, электрические генераторы с качающимся якорем), могут работать в качестве компрессоров или генераторов горячего газа.

Преимущественное распространение получила схема СП ДВС с двумя расходящимися поршнями в одном цилиндре. Поршни кинематически связаны через синхронизирующий механизм (рычажный или реечный с паразитной шестерней). В отличие от кривошипно-шатунного механизма синхронизирующий механизм воспринимает только разность сил, действующих на противоположные поршни, которая при нормальной работе СП ДВС сравнительно мала. Один поршень управляет открытием впускных окон, а другой – выпускных. Поршни компрессора и поршни буферных ёмкостей жёстко связаны с соответствующими поршнями двигателя.

К достоинствам свободно-поршневых ДВС относится сравнительная простота их конструкции, хорошая уравновешенность, долговечность, компактность.

Промышленно выпускаемые СП ДВС как правило совмещают в себе дизельный двигатель с компрессором (СПДК).

На рисунке 13 приведен в разрезе промышленно выпускаемый свободнорпоршневой дизель – компрессор (СПДК) 1МП120К.

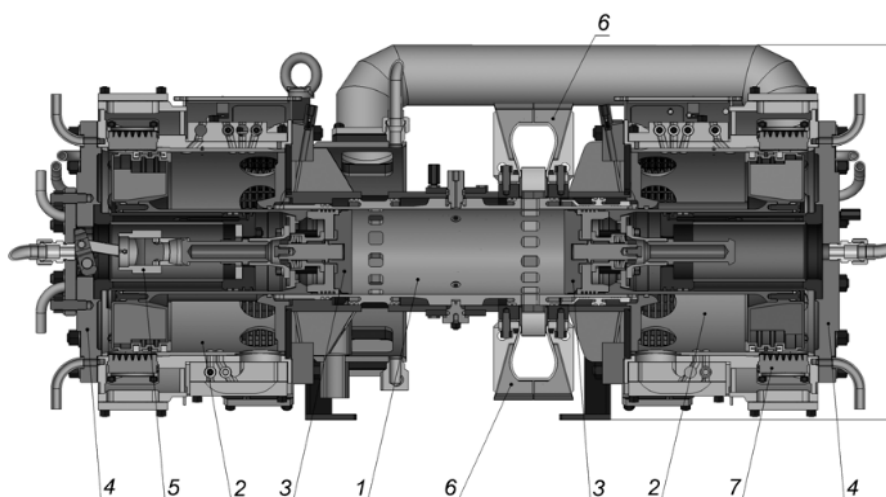


Рисунок 13 – Свободнорпоршневой двигатель 1МП120:

- 1 – олов; 2 – компрессоры; 3 – поршни; 4 – буферные крышки;
5 – механизм пуска; 6 – выхлопные патрубк; 7 – клапаны

СПДК имеют малые габариты и массу, абсолютно уравновешены (не требуется фундамент), легкий и надежный пуск.

Затраты на 1 м³ вырабатываемого сжатого воздуха или газа у СПДК в 1,5–2 раза ниже, чем у приводного компрессора равной производительности.

Приводной двигатель – газовый дизель с воспламенением от сжатия. Материалоёмкость СПДК в 3,8–6,5 раза меньше электроприводных компрессоров. Сменные компрессорные ступени без смазки обеспечивают работу СПДК с произвольными давлениями всасывания и нагнетания.

1.3.2.4 Газотурбинные двигатели

В теплоэнергетике нашли применение в основном двухвальные компоновки для применения в качестве механического привода и выработки электроэнергии.

Двухвальная версия имеет в своем составе как турбину высокого давления (ТВД), так и свободную турбину. Двухвальное исполнение характеризуется гибкостью регулирования основных рабочих параметров турбины.

На рисунке 14 приведена газовая турбина SGT-400 с секцией второго вала для механического привода – генератора, насоса, компрессора.



Рисунок 14 – Газовая турбина SGT-400

На рисунке 15 приведен комплекс в составе газовой турбины и насоса.

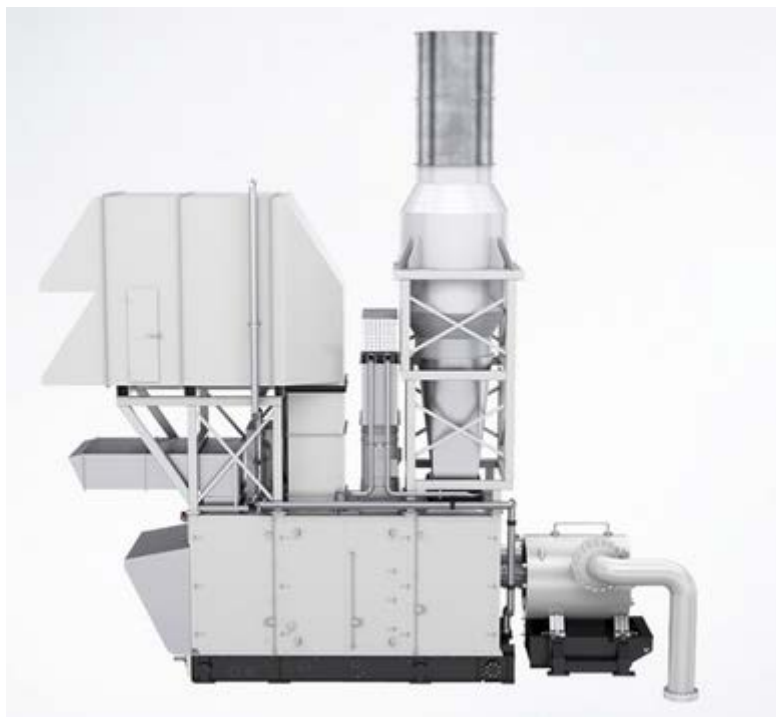


Рисунок 15 – Установка SGT-400 для механического привода

Также выпускаемые промышленные турбины способны работать с разными видами топлива – бензином, керосином, мазутом, природным газом, спиртом или измельченным углем.

1.4 Топлива для тепловых двигателей

Двигатели с внутренним подводом теплоты работают как правило на углеводородных топливах, таких как продукты перегонки нефти, а также газе, спирте, эфирах растительных масел. Требования к качеству топлива во многом определяются нормами по выбросам ТД.

Двигатели с внешним подводом теплоты позволяют применять не только нефтяные, газовые виды топлива, древесину и уголь, но и возобновляемые и альтернативные топлива, например биогаз, отходы, солнечную энергию, теплоту дымовых газов и т. д.

Для паровых машин и турбин рабочим телом является пар, производимый котлами. Для них в выборе топлива определяющим фактором является мощность котла и соответственно достаточность объемов топлива. Поэтому мощные котлы как правило работают на газе, мазуте, атомной энергии или угле.

Для работы паровых машин небольшой мощности распространено применение древесины и ее отходов.

Двигатель Стирлинга с нерасходуемым рабочим газообразным телом в замкнутом объеме способен коммерчески успешно работать на солнечной энергии и тепле дымовых газов.

1.5 Вопросы для самопроверки

1. Конструкция и применяемость ТД с внутренним подводом теплоты.
2. Конструкция и применяемость ТД с внешним подводом теплоты.
3. Что такое паровая машина?
4. Преимущества и недостатки поршневых ДВС.
5. Перечислите компоненты паровой турбины.
6. Топлива и технические жидкости для ТД.
7. Применяемость энергоустановок с двигателем Стирлинга.
8. Нормативная документация на ТД.
9. Нормативная документация на ТД с энергоустановками.
10. КПД ТД.
11. Органы госнадзора за эксплуатацией ТД.
12. Перечислите причины, по которым эксплуатация ТД запрещена.
13. Документация и правила ее ведения при эксплуатации ТД с энергоустановкой.
14. Перечислите виды энергоустановок с приводом от ТД.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «КОНСТРУКЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

2.1 Цель выполнения лабораторной работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний по конструкции ДВС; формирование профессиональных навыков по эксплуатации ДВС.

2.2 Задачи студента

Задачами студента при выполнении лабораторной работы являются:

- изучение назначения ДВС в теплоэнергетике;
- изучение принципа работы ДВС;
- изучение конструкции бензинового двигателя;
- изучение конструкции дизельного двигателя;
- получение индивидуального задания на изучение конкретного двигателя;
- освоение оптимальных настроек ДВС по индивидуальному заданию;
- освоение правил эксплуатации ДВС по индивидуальному заданию.

2.3 Назначение ДВС в теплоэнергетике.

В теплоэнергетике ДВС нашли широкое применение.

Высокомощные (до сотен МВт) газопоршневые двигатели используются в электрогенераторных установках с одновременной выработкой электричества и тепла.

Принципиальная схема использования тепла топлива показана на рис.1.

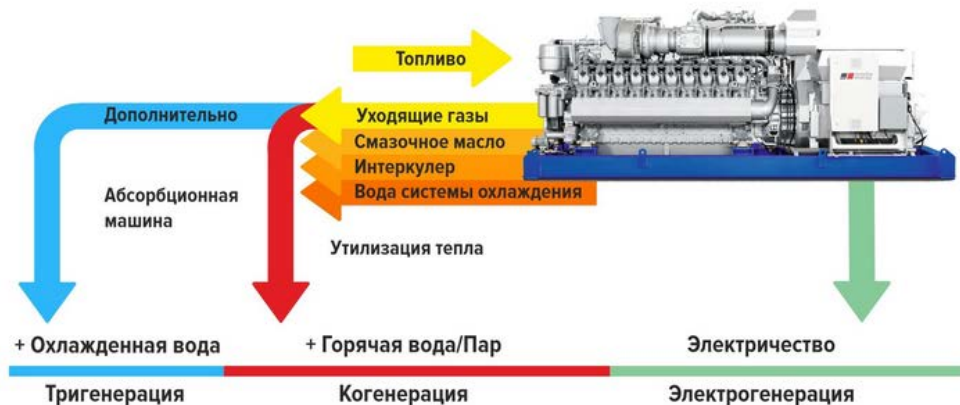


Рисунок 1 – Схема распределения энергии топлива

Тепловой КПД таких систем доходит до 90 %.

Схема утилизации тепла ДВС от системы охлаждения и выпуска отработавших газов показана на рисунке 2.

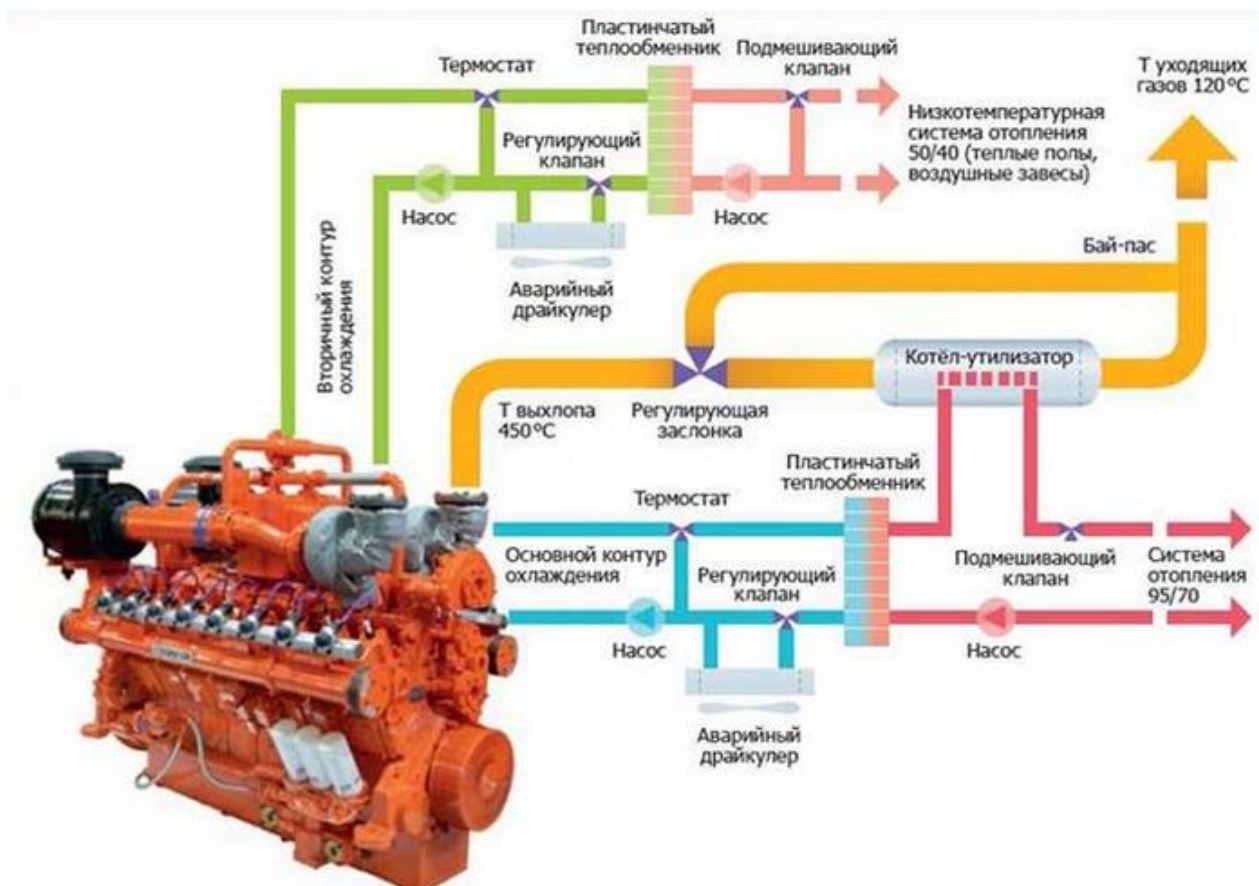


Рисунок 2 – Схема утилизации тепла ДВС

Также ДВС используются в качестве привода насосов для перекачивания чистой и загрязненной воды, компрессоров для создания газовых сред под давлением.

2.4 Принцип работы

Поршневые двигатели внутреннего сгорания являются тепловыми машинами, преобразующими энергию топлива в механическую.

Периодически повторяющийся ряд последовательных процессов, протекающих в каждом цилиндре двигателя и обуславливающих превращение тепловой энергии в механическую работу, называется рабочим циклом двигателя. Если рабочий цикл совершается за два хода поршня, т. е. за один оборот коленчатого вала, то такой двигатель называется двухтактным.

Если рабочий цикл совершается за четыре хода поршня, т. е. за два оборота коленчатого вала, то такой двигатель называется четырехтактным.

Современные бензиновые двигатели работают с принудительным зажиганием топливно-воздушной смеси. Приготовление топливно-воздушной смеси, её дозирование осуществляют карбюраторные и инжекторные системы питания. Поэтому бензиновые двигатели могут быть как с внешним смесеобразованием, так и с внутренним, непосредственно в цилиндре. Смесь в цилиндре воспламеняется в конце такта сжатия, принудительно от электрической искры.

Моторы, работающие на дизельном топливе с воспламенением от сжатия, смесь приготавливают непосредственно в цилиндре из воздуха и топлива, подаваемых в цилиндр раздельно. Воспламенение топливно-воздушной смеси в цилиндре происходит самопроизвольно от воздействия высокой температуры воздуха при сжатии.

На рисунке 3 показана одна из принципиальных схем устройства ДВС.

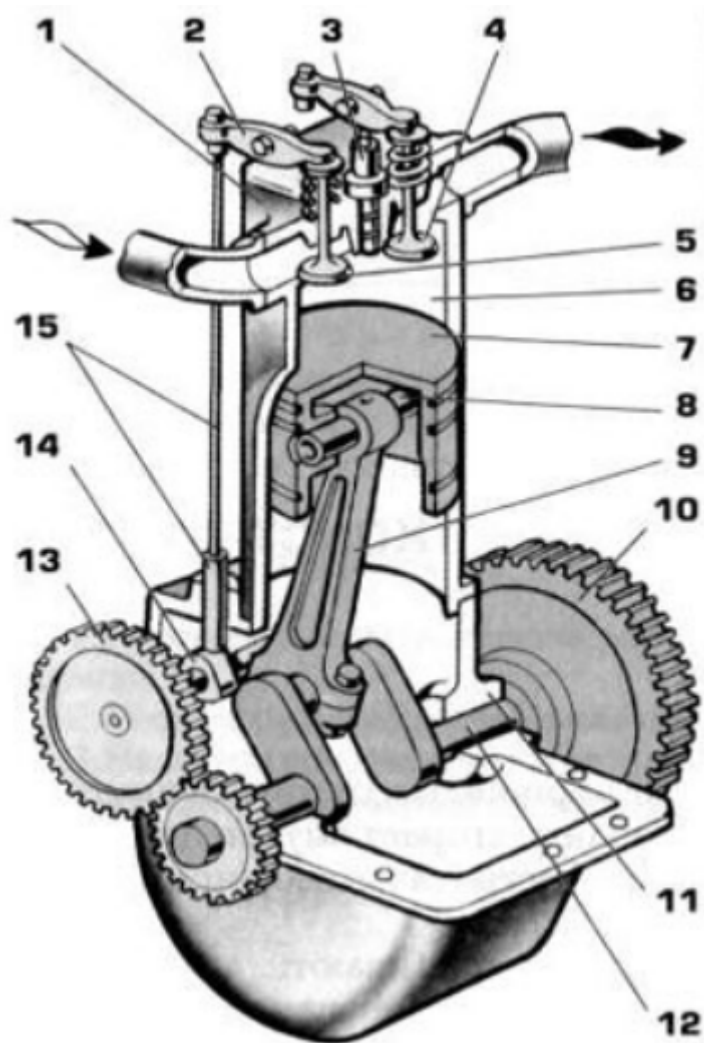


Рисунок 3 – Схема устройства одноцилиндрового ДВС

ДВС состоит из головки 1, в ней смонтированы коромысла 2 толкателей клапанов, свеча 3, выпускной клапан 4, впускной клапан 5, цилиндр 6, поршень 7, соединенный через шатун 9 с коленчатым валом 12. При перемещении поршня в цилиндре вверх и вниз его прямолинейное движение преобразуется во вращательное движение коленчатого вала. На его конце закреплен маховик 10, который необходим для равномерности вращения вала. Клапаны открываются под действием кулачков распределительного вала 14 через передаточные детали 15. Распределительный вал приводится во вращение шестернями 13 от коленчатого вала. Поршень, свободно перемещаясь в цилиндре, занимает два крайних положения.

Для описания работы ДВС применяются следующие термины:

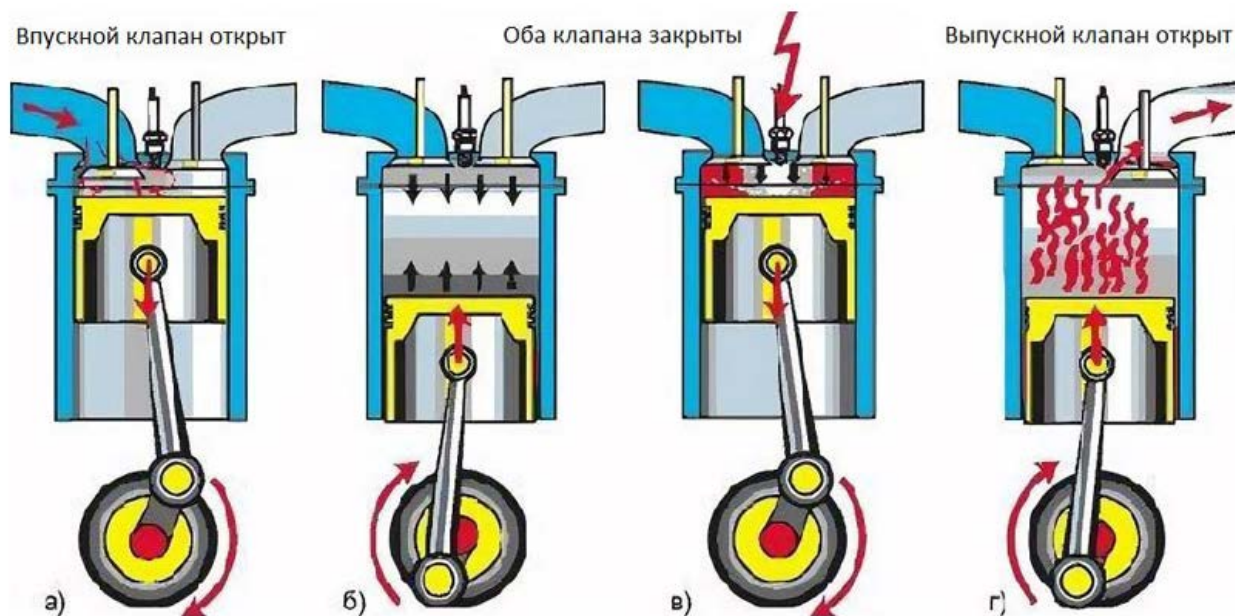
- верхняя мертвая точка (ВМТ) – крайнее верхнее положение поршня в цилиндре;
- нижняя мертвая точка (НМТ) – крайнее нижнее положение поршня в цилиндре;
- ход поршня – расстояние, пройденное от одной мертвой точки до другой. За один ход поршня коленчатый вал повернется на половину оборота;
- камера сгорания (сжатия);
- для двигателя бензинового как правило пространство над поршнем в головке цилиндра при поршне, расположенным в ВМТ;
- для дизельного двигателя чаще всего сформирована внутри поршня;
- рабочий объем цилиндра – пространство, освобождаемое поршнем при перемещении его из ВМТ в НМТ;
- рабочий объем двигателя – сумма рабочих объемов всех цилиндров. При малых объемах (до 1 л.) его выражают в кубических сантиметрах, а при больших – в литрах;
- полный объем цилиндра – сумма объема камеры сгорания и рабочего объема;
- степень сжатия – число, показывающее, во сколько раз полный объем цилиндра больше объема камеры сгорания. В бензиновых двигателях степень сжатия бывает от 8 до 12, а в дизелях – от 14 до 18;
- компрессия – это давление, которое создается в цилиндре в момент окончания такта сжатия, т. е. в момент, когда поршень достиг верхней мертвой точки. Компрессию определяют как величину максимального давления в цилиндре, создаваемого при холостой прокрутке двигателя стартером;
- такт – процесс (часть цикла), который происходит в цилиндре за один ход поршня.

При работе поршневого двигателя внутреннего сгорания поршень совместно с верхней головкой шатуна движется в цилиндре поступательно (вверх – вниз), при этом коленчатый вал совместно с нижней головкой шатуна совершает вращательные движения. У подавляющего большинства двигателей, если смотреть на двигатель со стороны шкива, вращение коленчатого вала осуществляется по часовой стрелке.

За один оборот коленчатого вала (360°) поршень в цилиндре совершает два хода (один ход вверх и один вниз).

При условно постоянной частоте вращения коленчатого вала, поршень в цилиндре движется с ускорением – замедлением. Наименьшие скорости движения поршня будут наблюдаться при его «крайних» положениях в цилиндре – в верхней (ВМТ) и нижней части (НМТ). В верхней и нижней части цилиндра поршень «вынужден» сделать остановку, чтобы поменять направление движения.

Схематично принцип работы ДВС приведен на рисунке 4.



Рабочий цикл четырехтактного мотора: а) впуск; б) сжатие; в) рабочий ход; г) выпуск.

Рисунок 4 – Принцип работы ДВС по циклу Отто.

1. Впуск. По мере того, как коленчатый вал двигателя делает первый полуоборот, поршень перемещается от ВМТ к НМТ, впускной клапан открыт, выпускной клапан закрыт. В цилиндре создается разрежение, вследствие чего свежий заряд горючей смеси, состоящий из паров бензина и воздуха, засасывается через впускной газопровод в цилиндр и, смешиваясь с остаточными отработавшими газами, образует рабочую смесь.

2. Сжатие. После заполнения цилиндра горючей смесью при дальнейшем вращении коленчатого вала (второй полуоборот) поршень перемещается от НМТ к ВМТ при закрытых клапанах. По мере уменьшения объема температура и давление рабочей смеси повышаются.

3. Расширение или рабочий ход. В конце такта сжатия рабочая смесь воспламеняется от электрической искры и сгорает, как следствие чего температура и давление образующихся газов резко возрастают, поршень при этом перемещается от ВМТ к НМТ. В процессе такта расширения шарнирно связанный с поршнем шатун совершает сложное движение и через кривошип приводит во вращение коленчатый вал.

При расширении газы совершают полезную работу, поэтому ход поршня при третьем полуобороте коленчатого вала называют рабочим ходом. В конце

рабочего хода поршня, при нахождении его около НМТ открывается выпускной клапан, давление в цилиндре снижается до 0,3–0,75 МПа, а температура до 950–1200 °С.

4. Выпуск. При четвертом полуобороте коленчатого вала поршень перемещается от НМТ к ВМТ. При этом выпускной клапан открыт, и продукты сгорания выталкиваются из цилиндра в атмосферу через выпускной газопровод.

Рабочий цикл четырехтактного дизельного двигателя имеет отличия.

При такте «впуск» в цилиндры дизеля поступает чистый воздух. Во время такта «сжатие» воздух нагревается до 600 °С и более. В конце этого такта в цилиндр впрыскивается определенная порция топлива, которое самовоспламеняется.

У безнаддувного дизеля при движении поршня от ВМТ к НМТ вследствие образующегося разрежения из воздушного фильтра в цилиндр через открытый впускной клапан поступает атмосферный воздух. Давление воздуха в цилиндре составляет 0,08–0,095 МПа, а температура 40–60 °С. У наддувных двигателей, как бензиновых, так и дизельных, эти показатели выше.

При сжатии поршень движется от НМТ к ВМТ; впускной и выпускной клапаны закрыты, вследствие этого перемещающийся вверх поршень сжимает поступивший воздух. Для воспламенения топлива необходимо, чтобы температура сжатого воздуха была выше температуры самовоспламенения топлива. При ходе поршня к ВМТ цилиндр через форсунку впрыскивается дизельное топливо, подаваемое топливным насосом.

Впрыснутое в конце такта сжатия топливо, перемешиваясь с нагретым воздухом, воспламеняется, и начинается процесс сгорания, характеризующийся быстрым повышением температуры и давления. При этом максимальное давление газов достигает 6–9 МПа, а температура 1800–2000 °С. Под действием давления газов поршень перемещается от ВМТ в НМТ – происходит рабочий ход. Около НМТ давление снижается до 0,3–0,5 МПа, а температура до 700–900 °С.

На выпуске поршень перемещается от НМТ в ВМТ и через открытый выпускной клапан отработавшие газы выталкиваются из цилиндра. Давление газов снижается до 0,11–0,12 МПа, а температура до 500–700 °С. После окончания такта выпуска при дальнейшем вращении коленчатого вала рабочий цикл повторяется в той же последовательности.

Описанные выше циклы можно назвать теоретическими и применять для понимания принципа работы ДВС. В действительности циклы оптимизируются следующим образом.

Горючая смесь (или воздух, поступающий в цилиндры двигателя) и отработавшие газы имеют определенную массу и обладают инерцией. Вследствие инерционного напора струи воздух (горючая смесь) будет продолжать поступать в цилиндр через впускной клапан в процессе впуска даже тогда, когда поршень, достигнув НМТ, начнет двигаться вверх, в начале такта сжатия. Это обеспечивает лучшее наполнение цилиндра горючей смесью. Таким же образом можно заранее, в конце рабочего хода, открыть выпускной

клапан, поскольку поршень уже получил основную энергию от сгоревшего топлива. А также необходимо успеть очистить цилиндр от отработавших газов. Закрывать выпускной клапан лучше после того, как поршень пройдет ВМТ в конце такта выпуска, потому что продукты сгорания по инерции будут еще некоторое время выходить из цилиндра.

Другими словами, клапаны не должны открываться и закрываться в моменты нахождения поршней в соответствующих мертвых точках. В частности, в реальных двигателях существует момент времени, когда одновременно открыты впускной и выпускной клапаны (приблизительно 50° по углу поворота коленчатого вала). Моменты открытия и закрытия клапанов, выраженные в градусах поворота коленчатого вала, называют фазами газораспределения, а их графическое изображение носит название диаграммы фаз газораспределения (рис. 5).

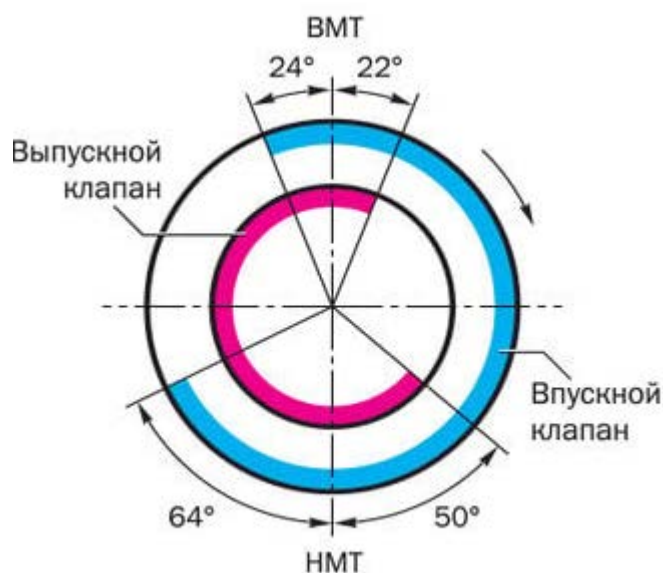


Рисунок 5 – Диаграмма фаз газораспределения

Угол на диаграмме, соответствующий периоду одновременного частичного открытия впускных и выпускных клапанов, называют углом перекрытия клапанов. Так как время перекрытия клапанов небольшое, то это не приводит к проникновению отработавших газов во впускной трубопровод, а наоборот, за счет инерции уходящего потока этих газов происходит дополнительный подсос горючей смеси в цилиндр, и тем самым улучшается его наполнение.

При этом важно добиться, чтобы цилиндр очищался с максимально возможной степенью, но свежий заряд горючей смеси не уходил в выпускную трубу. У некоторых двигателей угол перекрытия клапанов может достигать большой величины, а если клапаны остаются открытыми на большую величину, когда поршень достигает ВМТ, может произойти удар клапанов в поршень, что приведет к аварии двигателя. Наличие перекрытия клапанов в НМТ (выпускной открывается раньше, чем поршень достигнет НМТ, а впускной позже) не представляет такой опасности, суммарный угол перекрытия

всегда больше, чем в ВМТ, и часто бывает значительным, особенно в высокофорсированных двигателях.

2.5 Устройство ДВС

Изучение устройства ДВС будет проводиться на примерах дизельного двигателя Минского моторного завода (рис. 6), как наиболее распространенного в энергоагрегатах в Республике Беларусь и бензинового двигателя Волжского автомобильного завода (рис. 7), макет которого имеется в лаборатории кафедры.

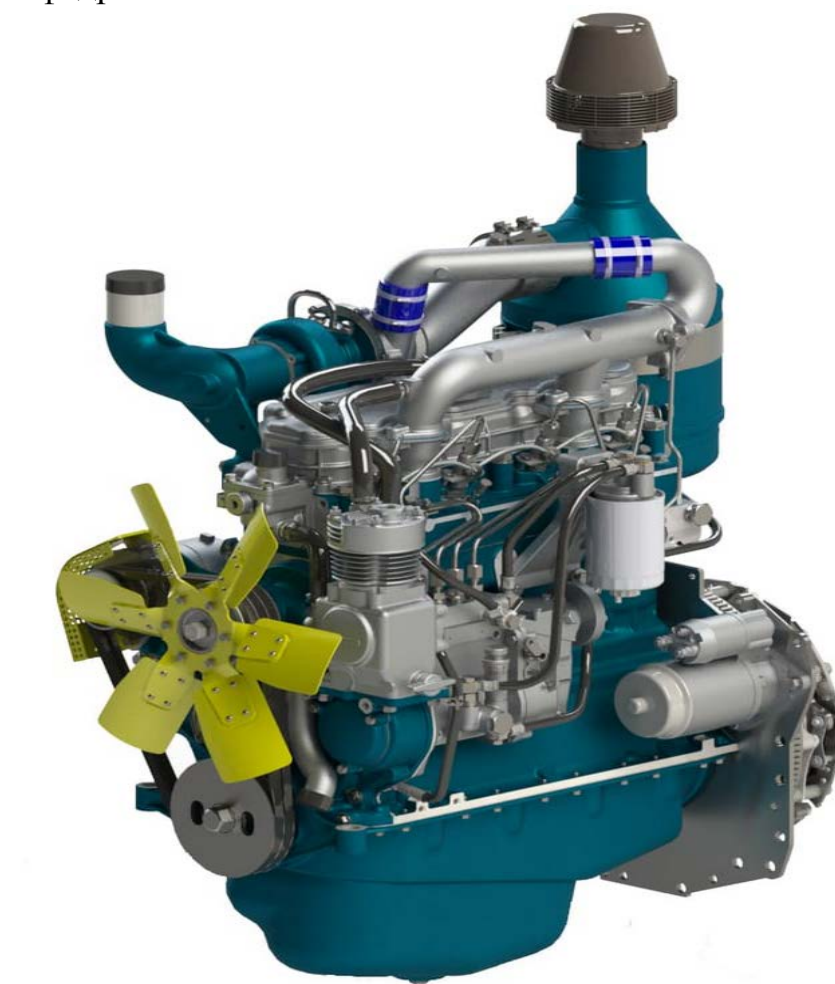


Рисунок 6 – Дизельный двигатель ММЗ. Общий вид



Рисунок 7 – Двигатель ВАЗ. Общий вид.

2.5.1 Устройство и работа дизельного двигателя

На рисунке 8 изображен поперечный разрез дизельного двигателя Д -245.

Двигатель содержит коленчатый вал 1, распределительный вал 2, шатун 3 соединенный втулкой с поршнем 6, толкатель 4 через коромысло 12 клапанов 14 (на схеме выпускной клапан), блок цилиндров 15 с установленными в нем мокрыми гильзами 5, выпускной тракт 7, присоединенный к головке 8 блока цилиндров, клапанная крышка 9 и колпак крышки 11, турбина наддува 10, форсунка 13, масляный поддон 16.

Блок цилиндров является основной корпусной деталью дизеля и представляет собой жесткую чугунную отливку. В вертикальных расточках блока установлены четыре съемные гильзы, изготовленные из специального чугуна.

Между стенками блока цилиндров и гильзами циркулирует охлаждающая жидкость.

Торцовые стенки и поперечные перегородки блока цилиндров в нижней части имеют приливы, предназначенные для образования опор коленчатого вала. На эти приливы установлены крышки. Приливы вместе с крышками образуют постели для коренных подшипников. Постели под вкладыши коренных подшипников расточены с одной установки в сборе с крышками коренных подшипников, поэтому менять крышки местами нельзя.

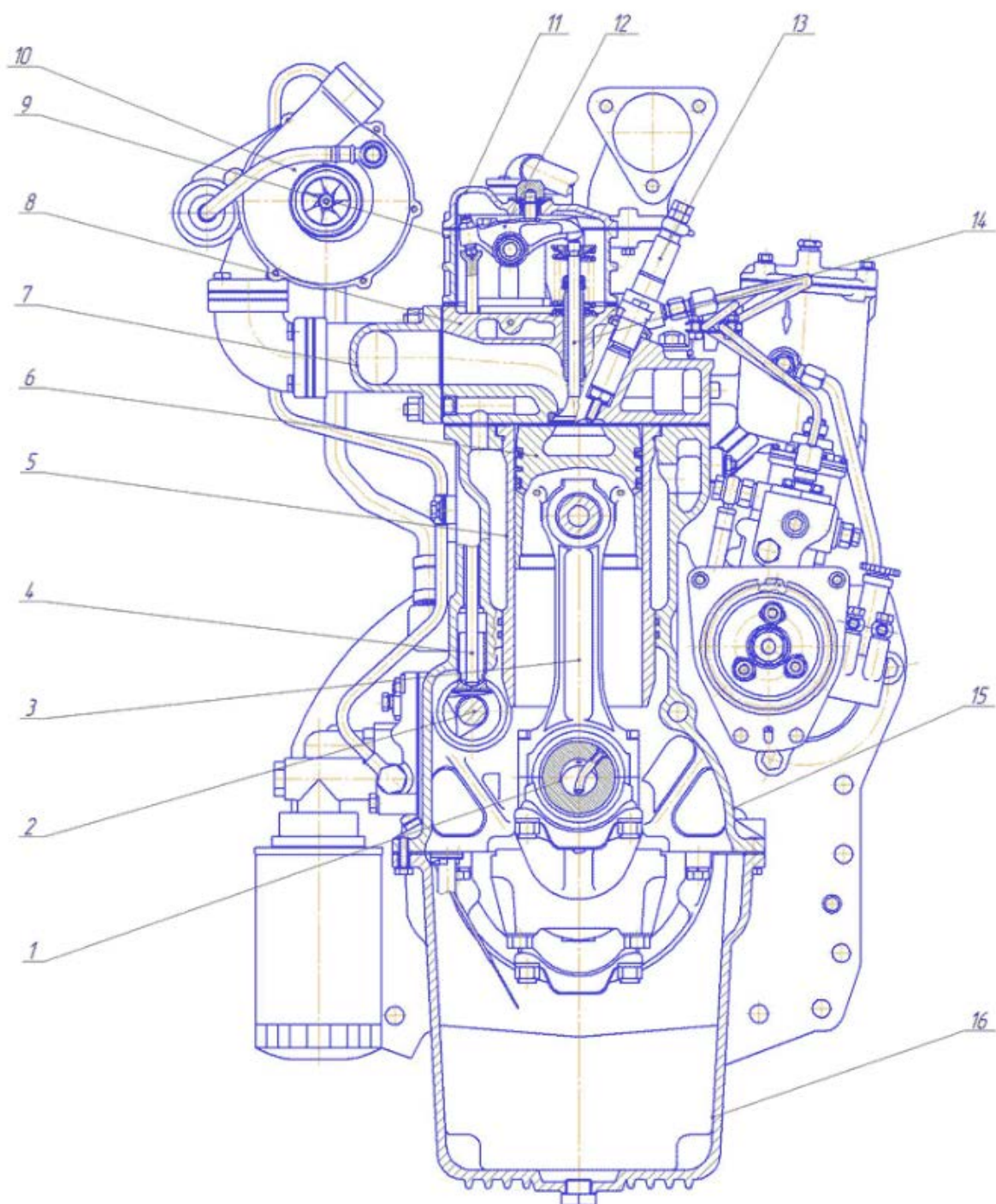


Рисунок 8 – Поперечный разрез двигателя ММЗ

Блок цилиндров имеет продольный масляный канал, от которого по поперечным каналам масло поступает к коренным подшипникам коленчатого вала и подшипникам распределительного вала.

Конструкцией блока цилиндров дизелей предусмотрены пять подшипников распределительного вала.

В верхней части второй и четвертой опор коленчатого вала установлены форсунки, которые служат для охлаждения поршней струей масла.

На наружных поверхностях блока цилиндров имеются обработанные привалочные плоскости для крепления масляного фильтра, водяного насоса, фильтров грубой и тонкой очистки топлива, щита распределения и листа заднего.

Расположение вышеназванных и других навесных агрегатов показано на рисунке 9.

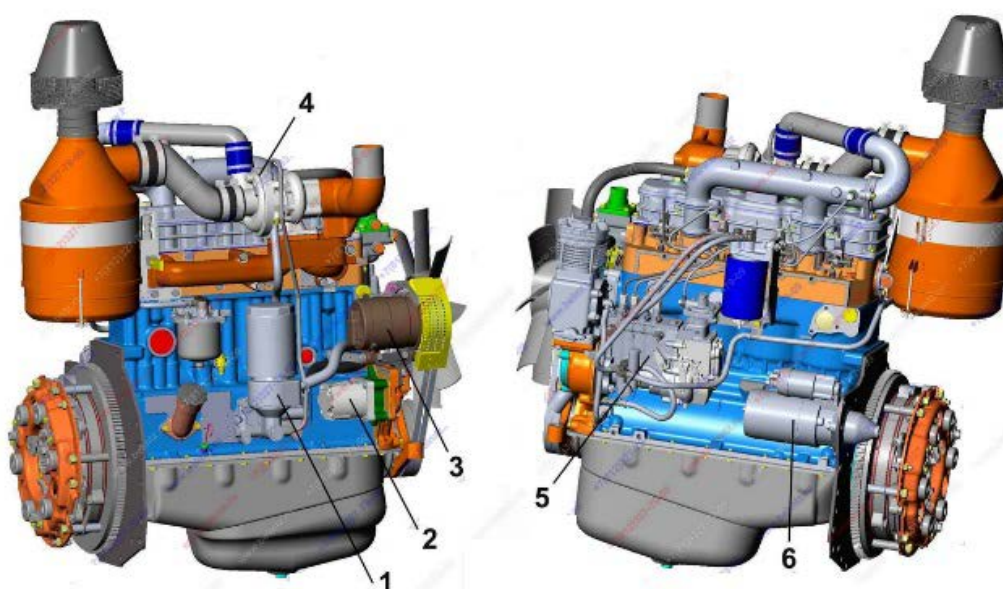


Рисунок 9 – Расположение навесных агрегатов

На блоке цилиндров крепятся масляный фильтр с жидкостно-масляным теплообменником 1, насос 2 типа НШ для привода гидравлических агрегатов, генератор электрический 3, турбокомпрессор 4, топливный насос высокого давления 5, стартер 6.

Головка цилиндров представляет собой чугунную отливку, во внутренних полостях которой имеются впускные и выпускные каналы, закрываемые клапанами. Впускные каналы – с винтовым профилем. Для обеспечения отвода тепла головка цилиндров имеет внутренние полости, в которых циркулирует охлаждающая жидкость. Головка цилиндров имеет вставные седла клапанов, изготовленные из жаропрочного и износостойкого сплава. На головке цилиндров сверху устанавливаются стойки, ось коромысел с коромыслами, крышка головки, впускной коллектор и колпак крышки, закрывающий клапанный механизм. С левой стороны (со стороны топливного насоса) в головке установлены четыре форсунки и четыре свечи накаливания, а с правой

стороны к головке крепится выпускной коллектор. Для уплотнения разъема между головкой и блоком цилиндров установлена прокладка из безасбестового полотна, армированного перфорированным стальным листом.

Основными деталями кривошипно-шатунного механизма являются: коленчатый вал, поршни с поршневыми кольцами и пальцами, шатуны, коренные и шатунные подшипники, маховик.

Распределительный механизм состоит из распределительного вала, впускных и выпускных клапанов, а также деталей их установки и привода: толкателей, штанг, коромысел, регулировочных винтов с гайками, тарелок с сухариками, пружин, стоек и оси коромысел.

Система смазки дизеля, в соответствии с рисунком 10 комбинированная: часть деталей смазывается под давлением, часть – разбрызгиванием.

Подшипники коленчатого и распределительного валов, втулка промежуточной шестерни, шатунный подшипник коленчатого вала компрессора, механизм привода клапанов (коромысла) и подшипник вала турбокомпрессора смазываются под давлением от масляного насоса. Гильзы, поршни, поршневые пальцы, штанги, толкатели, кулачки распределительного вала и привод топливного насоса смазываются разбрызгиванием.

Масляный насос системы смазки – шестеренного типа, односекционный, крепится болтами к крышке первого коренного подшипника. Привод масляного насоса осуществляется от шестерни, установленной на коленчатом валу.

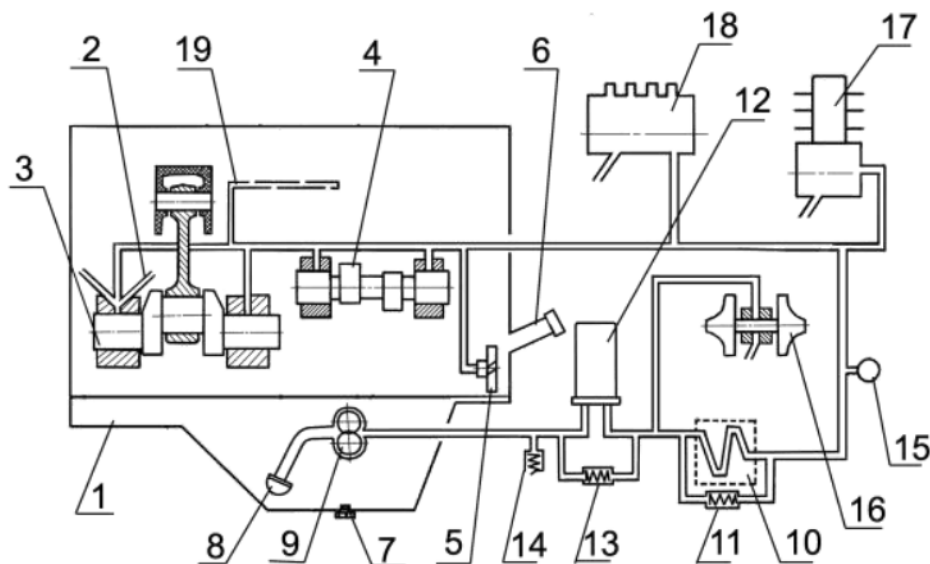


Рисунок 10 – Схема системы смазки дизеля с масляным радиатором и неразборным масляным фильтром с бумажным фильтрующим элементом: 1 – картер масляный; 2 – форсунки охлаждения поршней; 3 – вал коленчатый, 4 – вал распределительный; 5 – шестерня промежуточная; 6 – горловина маслозаливная; 7 – пробка масляного картера; 8 – маслоприемник; 9 – насос масляный; 10 – радиатор масляный; 11 – клапан редукционный; 12 – фильтр масляный; 13 – клапан перепускной; 14 – клапан предохранительный; 15 – датчик давления; 16 – турбокомпрессор; 17 – компрессор; 18 – топливный насос высокого давления; 19 – масляный канал оси коромысел

Масляный насос 9 через маслоприемник 8 забирает масло из масляного картера 1 и по каналам в блоке цилиндров и каналам корпуса масляного фильтра подает в полнопоточный масляный фильтр 12, в котором оно очищается от посторонних примесей, продуктов износа и от продуктов разложения масла вследствие нагрева и окисления. Из масляного фильтра очищенное масло поступает в радиатор 10 для охлаждения. Из масляного радиатора масло поступает в масляную магистраль дизеля.

При пуске дизеля на холодном масле, когда сопротивление прохождению масла через масляный фильтр превышает 0,13...0,17 МПа, открывается перепускной клапан 13 масляного фильтра, перепускной (радиаторный) клапан 11 масляного радиатора также открывается, и масло, минуя масляный фильтр и масляный радиатор, поступает в масляную магистраль.

В корпусе фильтра встроен предохранительный регулируемый клапан 14. Он предназначен для поддержания давления масла в главной масляной магистрали 0,25...0,35 МПа. Избыточное масло сливается через клапан в картер дизеля. В случае чрезмерного засорения фильтровальной бумаги, когда сопротивление масляного фильтра становится выше 0,13...0,17 МПа, перепускной клапан масляного фильтра также открывается, и масло, минуя масляный фильтр, поступает в масляную магистраль.

Система питания дизеля, состоит из топливного насоса, форсунок, топливопроводов низкого и высокого давления, воздухоочистителя, впускного и выпускного коллекторов, топливных фильтров грубой и тонкой очистки, топливного бака (рис. 11).

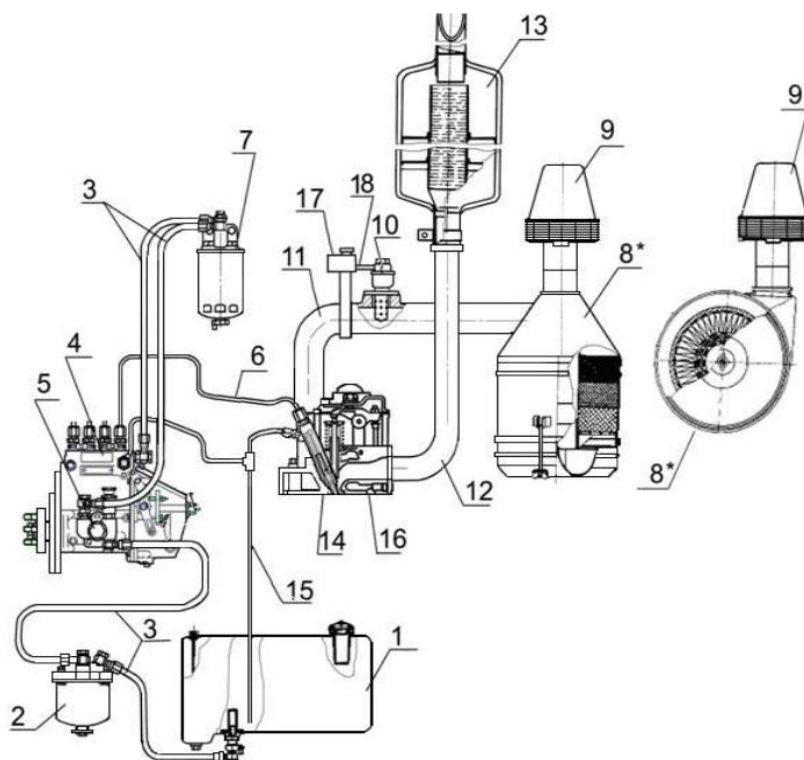


Рисунок 11– Схема системы питания с электрофакельным подогревателем:
 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – топливопроводы низкого давления; 4 – топливный насос высокого давления;
 5 – топливоподкачивающий насос; 6 – топливо-проводы высокого давления;
 7 – фильтр тонкой очистки топлива; 8 – воздухо-очиститель; 9 – моноциклон;
 10 – электрофакельный подогреватель; 11 – впуск-ной коллектор; 12 – выпускной коллектор; 13 – глушитель; 14 – форсунка; 15 – трубка отвода топлива в бак;
 16 – головка цилиндров; 17 – бачек с кронштейном; 18 – трубопровод.

В топливной системе дизельного двигателя важнейшим узлом является топливный насос высокого давления (ТНВД).

Все модели насосов приводятся от коленчатого вала дизеля. В регуляторе насоса размещаются корректор подачи топлива, автоматический обогатитель топливоподачи (на пусковых оборотах). Подкачивающий насос установлен на корпусе насоса высокого давления и приводится эксцентриком кулачкового вала. Рабочие детали топливных насосов смазываются проточным маслом, поступающим из системы смазки дизеля в корпус насоса через специальное отверстие во фланце. ТНВД приведен на рисунке 12.

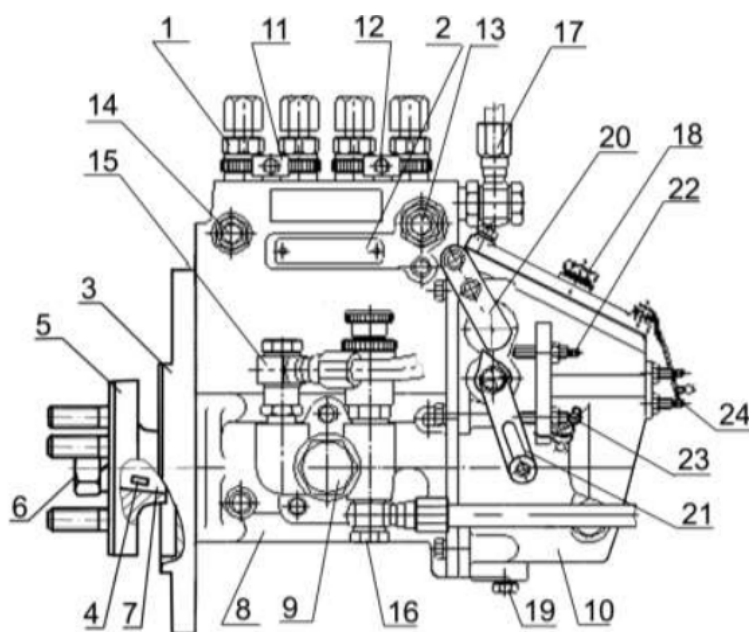


Рисунок 12 – Топливный насос высокого давления:

1 – секция топливного насоса; 2 – табличка; 3 – фланец; 4 – шпонка;
 5 – полумуфта привода; 6 – гайка крепления полумуфты; 7 – кулачковый вал;
 8 – корпус топливного насоса; 9 – топливоподкачивающий насос; 10 – корпус регулятора;
 11 – планка фиксации насосных секций; 12 – болт стяжной, шайба;
 13 – клапан перепускной, болт крепления штуцера топливопровода, отводящего отсеченное топливо в бак; 14 – пробка для выпуска воздуха; 15 – штуцер топливопровода, отводящего топливо от топливоподкачивающего насоса к фильтру тонкой очистки топлива; 16 – болт крепления штуцера подвода топлива от фильтра грубой очистки топлива; 17 – штуцер подвода топлива от фильтра тонкой очистки; 18 – пробка для залива масла; 19 – пробка для слива масла; 20 – рычаг останова; 21 – рычаг управления; 22 – болт регулировки максимальной частоты вращения; 23 – болт регулировки минимальной частоты вращения; 24 – болт регулировки номинальной подачи топлива

На дизель Д-245 и его модификации устанавливается топливный насос высокого давления 4УТНИ-Т.

Все модели насосов приводятся от коленчатого вала дизеля через распределительные шестерни. Топливные насосы имеют всережимный регулятор и подкачивающий насос поршневого типа, два рычага управления.

В регуляторе насоса размещаются корректор подачи топлива, автоматический обогатитель топливоподачи (на пусковых оборотах), а у топливного насоса 4УТНИ-Т, кроме того, есть пневматический ограничитель дымления (пневмокоректор).

Охлаждение дизеля, в соответствии с рисунком 13 жидкостное с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости от центробежного насоса. Температуру охлаждающей жидкости в системе контролируют

по дистанционному термометру, датчик которого установлен в головке цилиндров.

Температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения должна поддерживаться в пределах 85–105 °С. Для ускорения прогрева дизеля после пуска и автоматического регулирования температурного режима при различных нагрузках и температурах окружающего воздуха служит термостат с твердым наполнителем. Водяной насос, вентилятор и генератор приводятся во вращение от шкива коленчатого вала дизеля при помощи клинового ремня.

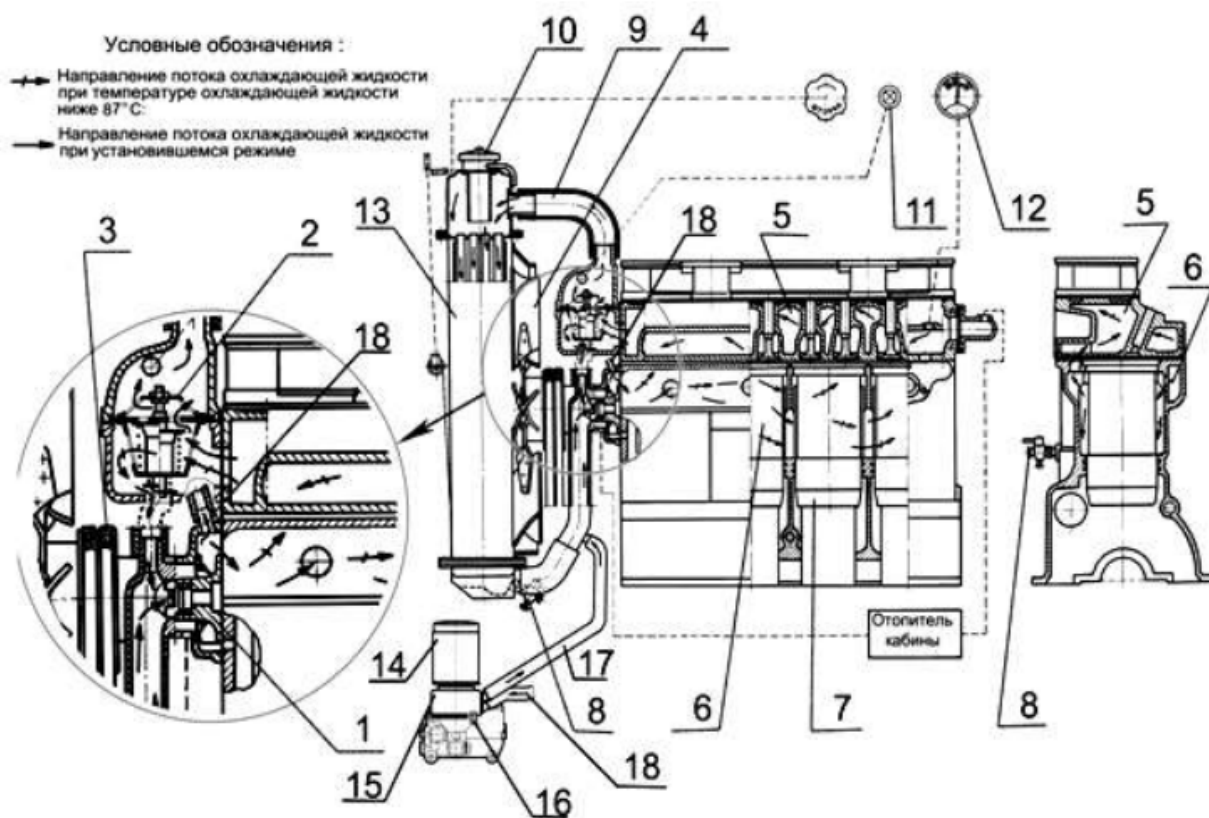


Рисунок 13 – Схема системы охлаждения дизеля с жидкостно-масляным теплообменником.

- 1 – водяной насос; 2 – термостат; 3 – ремень привода водяного насоса;
 4 – вентилятор; 5 – рубашка охлаждения головки цилиндров; 6 – рубашка охлаждения блока цилиндров; 7 – гильза блока цилиндров; 8 – краники для слива охлаждающей жидкости; 9 – патрубок; 10 – пробка заливной горловины;
 11 – световой сигнализатор аварийной температуры охлаждающей жидкости;
 12 – указатель температуры охлаждающей жидкости; 13 – радиатор;
 14 – фильтр масляный с БФЭ; 15 – жидкостно-масляный теплообменник;
 16 – пробка для слива охлаждающей жидкости; 17 – патрубок отвода охлаждающей жидкости от ЖМТ; 18 – патрубок подвода охлаждающей жидкости к ЖМТ

Устройство пуска дизелей состоит из электрического стартера номинальным напряжением 24 В или 12 В. Стартер представляет собой электродвигатель постоянного тока со смешанным возбуждением с электромагнитным реле и механизмом привода.

Для обеспечения пуска при низких температурах окружающего воздуха дизели могут быть укомплектованы свечами накаливания, электрофакельным подогревателем и имеют места для подвода и отвода теплоносителя от системы предпусковой тепловой подготовки, устанавливаемой потребителем.

В схеме электрооборудования должна быть осуществлена блокировка стартера после пуска дизеля – автоматическое отключение стартера при частоте вращения коленчатого вала от 900 мин до 1000 мин и невозможность его включения при работающем дизеле и повторного включения стартера менее чем через 6...8 секунд после неудавшейся попытки пуска.

Также на дизелях устанавливаются генераторы, предназначенные для работы в качестве источника электроэнергии в схемах электрооборудования.

Генератор служит для подзарядки аккумуляторной батареи, а также для питания постоянным током потребителей электроэнергии, установленных на энергоагрегате.

Привод генератора осуществляется клиновым ремнем от шкива коленчатого вала.

При работе дизельного двигателя с энергоагрегатами необходимо соблюдать правила:

- нагружать дизель только после того, как температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения поднимется до плюс 50 °С;
- не допускать перегрузки дизеля, во время работы следить за показаниями контрольных приборов;
- проводить своевременно техническое обслуживание дизеля, руководствуясь руководством завода по эксплуатации;
- применять топливо и масло только тех марок, которые указаны в эксплуатационном руководстве;
- дизель работает при продольных/поперечных наклонах не более 20°;
- работа дизеля при давлении масла в главной масляной магистрали на минимальной частоте вращения холостого хода ниже 0,1 МПа запрещена.

2.5.2 Устройство и работа бензинового двигателя

Продольный разрез бензинового двигателя представлен на рисунке 14.

Принципиально двигатель имеет много общего с дизельным и содержит крышку 1 головки 16 блока цилиндров 4, корпус 2 подшипников распределительного вала 3, маховик 5, задний сальник 6 коленчатого вала 7, масляный поддон 8, в нем пробка (часто с магнитом) 9 для слива масла, крышка 10 коренного подшипника, передний сальник 11, шкив 12 для ремня 15 привода

насоса охлаждающей жидкости и генератора, гайка-храповик 13, цепь 14 привода распределительного механизма, головка 16 блока цилиндров, звездочка 17 распределительного вала, впускной 18 и выпускной 19 клапаны.

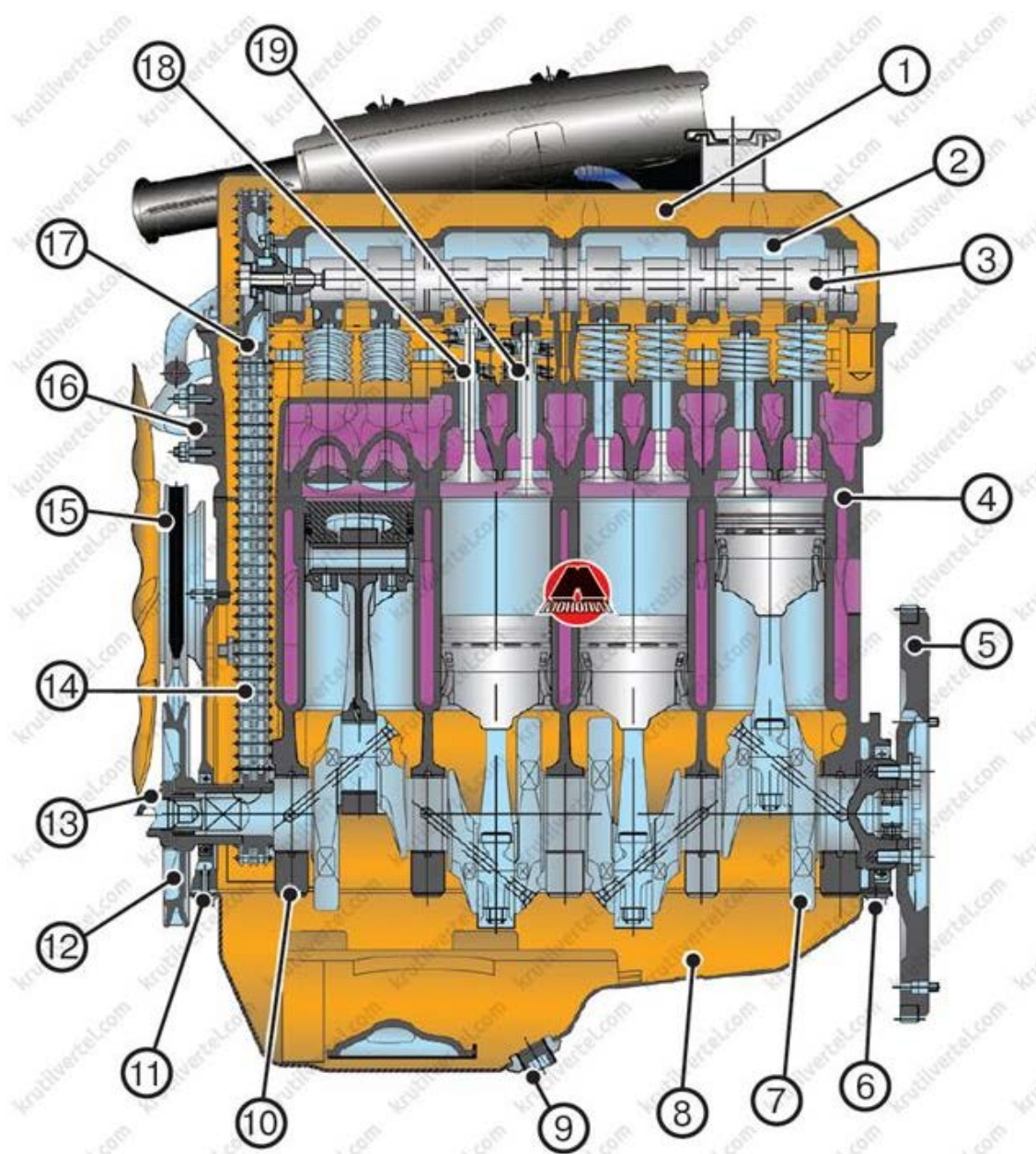


Рисунок 14 – Продольный разрез бензинового двигателя

Поперечный разрез двигателя показан на рисунке 15, где указаны крышка 1 головки блока цилиндров, распределитель зажигания 2, свеча зажигания 3, вал 4 привода распределителя зажигания и масляного 7 и топливного 5 насосов, масляный фильтр 6, маслоприемник 8, крышка 9 шатуна 10, поршень 12 с пальцем 11, выпускной 13 и впускной 14 коллекторы, карбюратор 15.

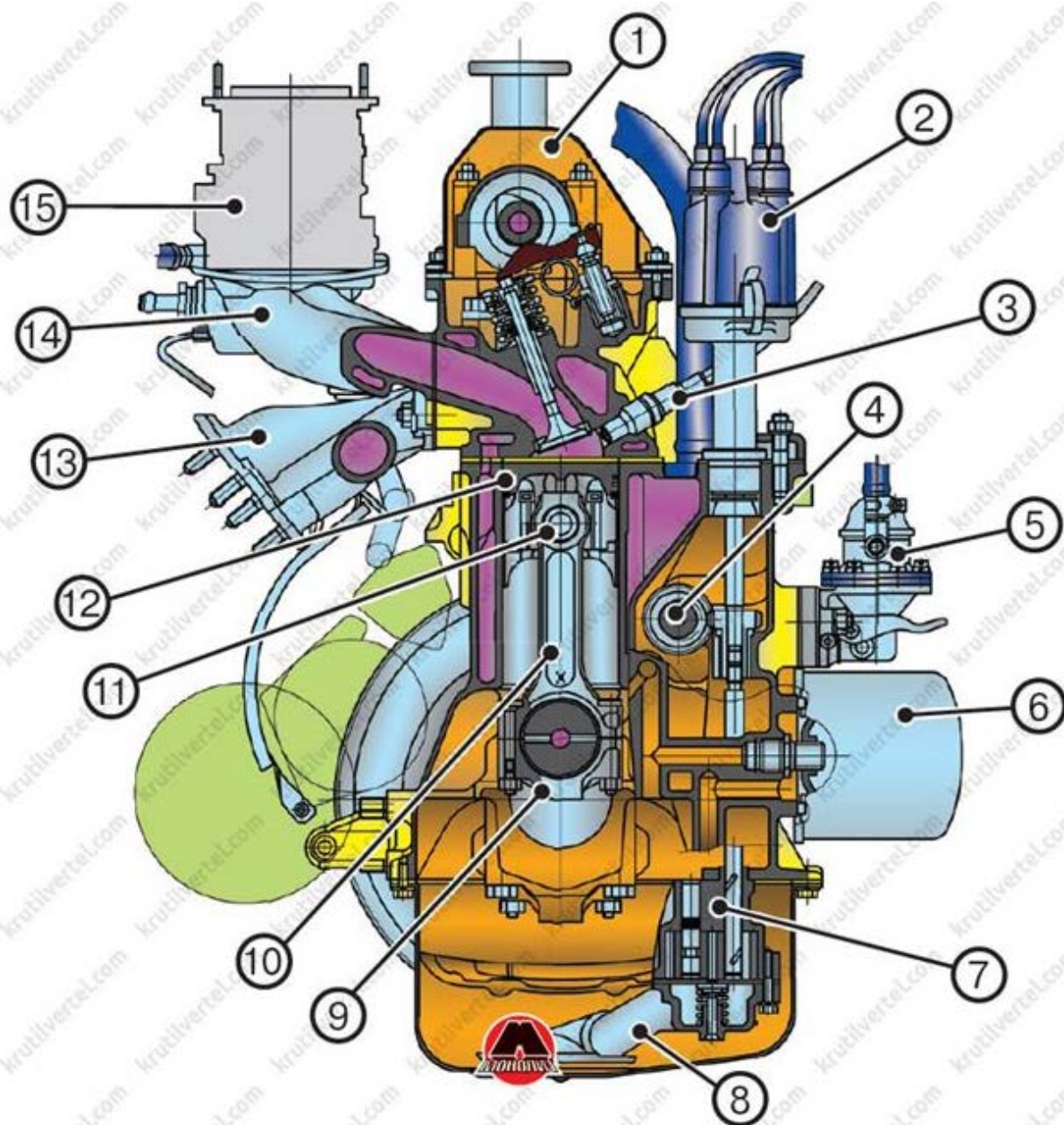


Рисунок 15 – Поперечный разрез бензинового двигателя

Цилиндры двигателя расположены вертикально в один ряд и объединены в блок цилиндров, который отлит из низколегированного высокопрочного чугуна. Сверху на блок цилиндров устанавливается головка блока, являющаяся общей для всех цилиндров. Головка блока цилиндров отлита из алюминиевого сплава. Снизу блок цилиндров закрыт стальным штампованным картером, который одновременно служит емкостью для масла.

Поршни отлиты из алюминиевого сплава. На каждом поршне устанавливаются два компрессионных и одно маслосъемное кольцо. Коленчатый вал установлен на пяти опорах в блоке цилиндров. Отлит из высокопрочного чугуна с проточками в средней опоре для установки упорных полуколец, удерживающих кривошип от осевых перемещений. От переднего

конца коленчатого вала ременной передачей приводится во вращение генератор и насос охлаждающей жидкости, установленные с правой стороны двигателя.

Также в передней части двигателя находится цепной привод распределительного вала. Распределительный вал содержит кулачки для управления фазами газораспределения.

В правой части двигателя, кроме генератора, устанавливается стартер, впускной коллектор с карбюратором и воздушным фильтром, выпускной коллектор. В левой части находится масляный фильтр и щуп, топливный насос, установлена система вентиляции картера и датчик давления масла.

2.5.3 Устройство и работа двухтактных двигателей.

Двухтактные двигатели, как и четырехтактные могут быть бензиновыми и дизельными. Однако, современные двухтактные дизельные двигатели как правило только транспортные, например морские, поэтому в дальнейшем рассматриваются только бензиновые двухтактные двигатели, нашедшие широкое применение в теплоэнергетике в мобильных насосных, компрессорных, генераторных установках. Применение двухтактных бензиновых двигателей позволяет делать такие установки переносными.

В рассматриваемой конструкции двухтактный двигатель не использует впускные и выпускные клапаны для управления подачей горючей смеси и вывода отработанных газов из камеры сгорания.

Вместо клапанов двухтактный двигатель имеет впускной и выпускной каналы – отверстия в боковой части цилиндра, которые совпадают с предварительно рассчитанным положением поршня, где поршень используется для закрытия или открытия этих каналов.

Схема двухтактного двигателя представлена на рис.16.

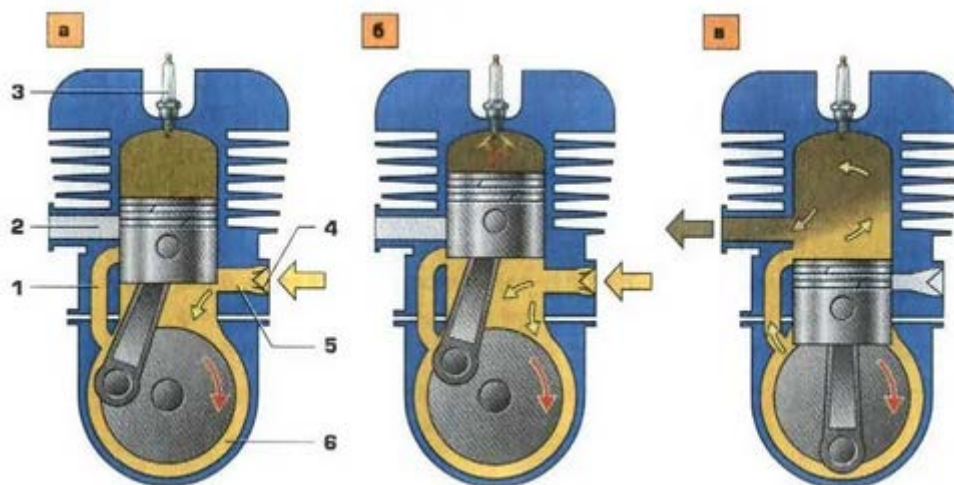


Рисунок 16 – Схема двухтактного двигателя

На схеме обозначены: перепускной канал 1, выпускной канал 2, свеча зажигания 3, лепестковый клапан 4 во впускном канале 5, картер 6.

Впускной канал расположен чуть ниже положения ВМТ и когда поршень движется вверх из НМТ, этот канал открыт и производится подача топливной смеси в камеру сгорания. Когда поршень проходит мимо впускного канала, боковая стенка поршня блокирует отверстие, а свеча зажигания зажигает топливо. Сжатие происходит из-за движения поршня к ВМТ, закрывающего впускное отверстие, в сочетании с одновременным сгоранием. Таким образом, такт сжатия и зажигания происходит как одно целое. Выпускной канал находится на противоположной стороне цилиндра рядом с ВМТ. Когда поршень приближается к самой низкой точке (НМТ), он проходит через выпускной канал открывая его, в результате чего выходят сгоревшие газы. Масло для смазки деталей двигателя как правило поступает с горючей смесью, то есть смазочное масло добавляется в бензин. Применяются масла для двухтактных двигателей.

Работа двухтактного двигателя представлена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Работа двухтактного двигателя

Фазы газораспределения двухтактного двигателя представлены на рисунке 18.

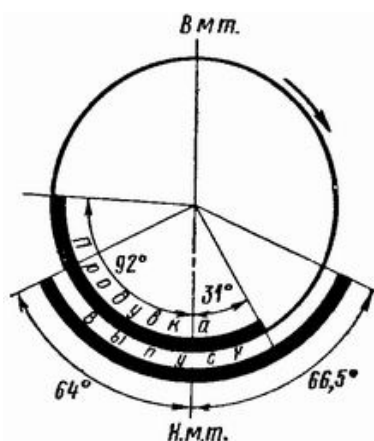


Рисунок 18 – Фазы газораспределения двухтактного двигателя

2.6 Вопросы для самопроверки

1. Рабочий цикл ДВС.
2. Такты цикла ДВС.
3. Сравнение эксплуатационных свойств бензинового и дизельного двигателя.
4. Регулировки ДВС.
5. Условия эксплуатации ДВС.
6. Фазы газораспределения.
7. Обслуживание ДВС.
8. Система пуска ДВС.
9. Система смазки ДВС.
10. Система охлаждения ДВС.
11. Назначение фильтров в ДВС.
12. Применение двухтактных ДВС.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

3.1 Цель выполнения лабораторной работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний об ассортименте и свойствах применяемых эксплуатационных материалов, нормах расхода и возможностях экономии при эксплуатации, формирование профессиональных навыков в техническом обслуживании ДВС.

3.2 Задачи студента

- изучить ассортимент применяемых эксплуатационных материалов;
- освоить способы эффективного использования эксплуатационных материалов;
- изучить применение эксплуатационных материалов в зависимости от технических характеристик ДВС и условий эксплуатации;
- изучить организацию и осуществление контроля качества эксплуатационных материалов;
- изучить безопасную эксплуатацию, хранение и транспортировку;
- изучить с нормативно-техническую документацию и справочные материалы;
- получить индивидуальное задание на ДВС и условия его эксплуатации;
- по индивидуальному заданию подобрать для ДВС все эксплуатационные материалы;
- подготовить отчет;
- защитить отчет.

3.3 Топлива для ДВС

Современные ДВС, применяемые в теплоэнергетике, потребляют различные виды топлива: продукты переработки нефти, газ, возобновляемые альтернативные спирты, масла, эфиры масел.

Разработкой рекомендаций о топливах занимается химмотология – наука об эксплуатационных свойствах, качестве и рациональном применении в технике топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей.

Химмотология занимается решением следующих основных задач:

- исследование процессов, происходящих в топливе при использовании его в двигателях, а также при транспортировке, хранении и перекачке;
- изучение физико-химических свойств топлива;
- установление закономерности между качеством топлива и показателями работы двигателей;
- обоснование оптимальных требований к качеству топливно-смазочных материалов, технических жидкостей и разработка их высококачественных сортов;
- взаимозаменяемости эксплуатационных материалов; снижение расхода, потерь и сохранение качества топлива и смазочных материалов при эксплуатации и хранении.

Основным источником топлива все же является нефть.

Нефть представляет собой вязкую маслянистую горючую жидкость почти черного цвета с бурым или зеленоватым оттенком и характерным запахом. Она представляет собой смесь около 1000 индивидуальных веществ, из которых большинство (80–90 %) – жидкие углеводороды, а остальные – растворенные углеводородные газы (до 10 %), минеральные соли, растворы солей органических кислот, механические примеси.

Эксплуатационные свойства получаемых при переработке нефти топлив и масел зависят от ее химического состава.

Углеводороды нефти относятся к следующим группам: парафиновые, нафтеновые, ароматические (оказывают влияние на детонационную стойкость, нагарообразование, качество смазочных материалов).

Сернистые соединения в нефти 1–3 % по массе, оказывают коррозионное воздействие на металлы. При разгонке нефти основная масса сернистых соединений остается в высококипящих масляных дистиллятах и небольшое количество – в легкокипящих фракциях. При сгорании топлива в двигателях сернистые соединения образуют сернистый и серный ангидриды, способные вызвать коррозию металла, а в соединении с водой сернистую и серную кислоты.

Азотистые соединения в нефти в незначительных количествах, обычно менее 1 %, на свойства топлива и масел не оказывают заметного влияния.

3.3.1 Бензины

Получаемый из нефти бензин – это горючая смесь лёгких углеводородов с температурой кипения от +33 до 205 °С. Плотность около 0,71 г/см³. Теплотворная способность примерно 10 200 ккал/кг (46 МДж/кг, 32,7 МДж/литр). Температура замерзания –72 °С в случае использования специальных присадок. Цвет – прозрачный, бледно-желтый, желтый.

К бензинам предъявляются следующие эксплуатационные требования:

- бесперебойная подача бензина в систему питания двигателя;

- образование топливовоздушной смеси требуемого состава;
- бездетонационное и полное сгорание смеси в двигателях;
- обеспечение быстрого и надежного пуска двигателя при различных температурах окружающего воздуха;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;
- минимальное образование отложений во впускном и выпускном трубопроводах, камере сгорания, клапанах;
- сохранение свойств при транспортировке и хранении;
- минимальная токсичность до и после сгорания.

Фракционный состав устанавливает зависимость между количеством топлива (в % по объёму) и температурой, при которой оно перегоняется. Для характеристики фракционного состава в стандарте указывается температура, при которой перегоняется 10, 50 и 90 % бензина, а также температура конца его перегонки. Чем ниже температура перегонки, тем однороднее состав рабочей смеси в цилиндрах двигателя, устойчивее его работа, лучше приемистость.

Давление насыщенных паров характеризует испаряемость головных фракций бензинов и, в первую очередь, их пусковые качества. Чем выше давление насыщенных паров бензина, тем легче он испаряется, и тем быстрее происходит пуск и нагрев двигателя.

Детонационная стойкость бензина – физико-химическое свойство, определяющее способность бензина сгорать без взрыва в двигателе с искровым зажиганием, оценивается октановым числом (ОЧ). Показатель октанового числа входит в маркировку бензина.

Плотностью бензина называется его масса, содержащаяся в единице объема.

Плотность неэтилированных бензинов при 15 °С колеблется в пределах от 700 до 780 кг/м³ в зависимости от марки. С понижением температуры вязкость и плотность возрастают, что приводит к увеличению массового количества бензина, поступающего в ДВС.

Плотность топлива следует обязательно определять для учета расхода и движения нефтепродуктов на нефтескладах и заправочных станциях, так как приход фиксируют в единицах массы, а расход в единицах объема.

Механические примеси в бензине не допускаются. Они приводят к засорению топливных фильтров, топливопроводов, жиклеров, что нарушает нормальную работу двигателя, увеличивает износ цилиндров и поршневых колец.

Наличие воды в бензине также исключено. Она опасна прежде всего при температуре ниже 0 °С, т. к., замерзая, образует кристаллы, которые могут преградить доступ бензина в цилиндры двигателя; она способствует осмолению бензина, а также способствует коррозии топливных баков и резервуаров.

Октановое число – показатель, указывающий детонационную стойкость бензина в единицах эталонной шкалы. Его численное значение определяется по процентному содержанию изооктана и нормального гептана, по своей детонационной стойкости равноценной используемому топливу. Октановое

число определяют на специальных установках по моторному (ОЧМ) или исследовательскому (ОЧИ) методу.

Моторный метод определения (ОЧ) проводится на одноцилиндровой установке ИТ9-2М с переменной степенью сжатия от 4 до 10 единиц. Имитируется работа двигателя на форсированных режимах при достаточно больших и длительных нагрузках, характерных для междугородного движения грузовых автомобилей.

Исследовательский метод определения (ОЧ) проводится на установке ИТ9-6 и имитирует режим работы двигателя легкового автомобиля при его движении в условиях города с частыми остановками и разгонами.

Базовые бензины, полученные передовыми способами переработки нефти, имеют достаточно высокое октановое число, однако требования повышения экономической эффективности производства бензина и эксплуатации ДВС обуславливают необходимость дополнительного увеличения ОЧ. Октановое число бензина повышается путём добавления к нему высокооктановых компонентов или присадок-антидетонаторов.

Нефтеперерабатывающей промышленностью выпускается несколько марок автомобильных бензинов, каждая из которых предназначена для определённых моделей двигателей и соответствующих условий эксплуатации.

Каждая марка бензина имеет своё условное обозначение, в которое входят буквы и цифры. Буква «А» означает автомобильный, цифры, стоящие после букв, указывают минимальное октановое число бензина по исследовательскому методу.

В Республике Беларусь реализуют бензины в соответствии со стандартом СТБ 1656-2011 (соответствует европейскому EN 228:2008):

- АИ-92-Евро;
- АИ-95-Евро;
- АИ-98-Евро.

Важно применять бензин той марки, которая установлена правилами технической эксплуатации двигателя. Если такой информации нет, можно подобрать бензин по степени сжатия: при ϵ менее 9 рекомендовано использовать АИ-92; $\epsilon = 10 \dots 12$ – АИ-95; $\epsilon = 12 \dots 14$ – АИ-98.

3.3.2 Дизельное топливо

Дизельное топливо – прозрачная, более вязкая чем, бензин, жидкость состоящая из смеси парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов используемая в качестве топлива в дизельном двигателе внутреннего сгорания. Плотность 820...845 кг/м³.

Дизельные двигатели по сравнению с карбюраторными обладают лучшей топливной экономичностью, удельный расход топлива у них примерно на 30 % ниже, чем у карбюраторных двигателей.

Эксплуатационные требования к дизельным топливам:

- хорошая прокачиваемость по системе питания при различных температурах;
- мелкое распыление и хорошее смесеобразование;
- своевременное воспламенение и полное сгорание;
- отсутствие коррозионного влияния на топливную аппаратуру и детали двигателя;
- минимальное образование отложений во впускном и выпускном трубопроводах, деталях ЦПГ и ГРМ, элементах топливной системы;
- легкий пуск двигателя;
- стабильность и устойчивость физико-химических свойств при хранении и транспортировке.

Соответствие дизельного топлива перечисленным требованиям зависит от его физико-химических свойств: плотности, вязкости, содержание серы, цетанового числа, температуры застывания и помутнения, самовоспламенения, наличие механических примесей и воды.

Вязкость дизельного топлива характеризует его подвижность, величину внутреннего трения, взаимную силу сцепления молекул и влияет на прокачиваемость и смесеобразование.

Высокая вязкость топлива приводит к затруднениям при фильтрации, к перебоям подачи топлива насосом, ухудшению распыления и неполному сгоранию (крупные частицы топлива медленнее испаряются). При неполном сгорании топлива увеличивается нагарообразование, повышается дымность отработавших газов и ухудшается экономичность и экологичность двигателя.

Нормальная вязкость дизельного топлива при температуре 40 °С должна находиться в пределах 2...4 мм²/с.

Способность топлива обеспечивать работоспособность системы топливоподачи при отрицательных температурах характеризуется низкотемпературными свойствами: температура помутнения, температура застывания.

Температура помутнения – температура, при которой ДТ теряет прозрачность в результате выпадения кристаллов парафиновых углеводородов или микрокристаллов льда. Прокачка топлива по системе прекращается – забиваются фильтрующие элементы (особенно фильтр тонкой очистки). Пуск и прогрев двигателя становится затруднительным (если фильтр не оборудован системой предпускового подогрева). После прогрева, двигатель работает и при более низкой температуре.

Температура застывания – температура, при которой дизельное топливо, находящееся в стандартной пробирке, наклоненной под углом 45°, сохраняет неподвижность в течении 1 мин. Температура застывания ТД на 10...15 °С ниже температуры помутнения.

Температура фильтруемости – температура, при которой определенный объем топлива при охлаждении в заданных условиях не протекает через стандартное фильтрующее устройство за определенное время.

Для улучшения низкотемпературных свойств проводят депарафинизацию дизельного топлива или добавляют депрессорные присадки.

Способность топлив вызывать коррозию и коррозионные износы является следствием наличия в них минеральных водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот, сернокислых соединений, серы и воды.

Понижение содержания серы в топливе приводит к уменьшению его смазывающих свойств, поэтому для топлив с очень низким содержанием серы обязательно применения присадок.

Для улучшения эксплуатационных свойств в дизельное топливо вводят присадки: повышающие ЦЧ; противодымные; антиокислительные; депрессорные; антикоррозийные; многофункциональные.

Топливо в камере сгорания дизеля воспламеняется не сразу после впрыска, а испаряется, перемешиваясь с воздухом, окисляется и накапливает центры для самовоспламенения.

Дизельное топливо начинает поступать в камеру сгорания в конце такта сжатия за $10...20^\circ$ по углу поворота коленчатого вала до прихода поршня в ВМТ. Топливо продолжает поступать, перемешивается с воздухом и подготавливается к горению. Таким образом, время с момента подачи топлива в камеру сгорания до его воспламенения называют задержкой воспламенения. При дальнейшем движении поршня к ВМТ топливо самовоспламеняется и происходит период быстрого горения. В это время выделяется до 70 % тепловой энергии и происходит максимальное нарастание давления. В период близкого к ВМТ положения поршня начинается период замедленного горения – пламя охватывает всю камеру сгорания, горит только то топливо, которое продолжает поступать через форсунку, при этом интенсивность горения уменьшается так как увеличивается концентрация продуктов сгорания топлива.

Если период задержки воспламенения небольшой, давление увеличивается медленно и двигатель работает мягко, без стуков. При увеличении периода задержки происходит мгновенное горение большого количества топлива, давление повышается резко и двигатель начинает работать жестко со стуками.

С увеличением частоты вращения коленвала период задержки воспламенения уменьшается, и работа двигателя становится жестче, нивелируется это увеличением угла предварительного впрыска. Однако следует помнить, что при больших углах опережения впрыска, все топливо может быть подано до прихода поршня в ВМТ, вследствие чего работа дизеля станет жесткой.

С возрастанием степени сжатия при равных прочих условиях сокращается период задержки, но удлиняется время сгорания топлива за счет повышения давления, и работа двигателя становится мягче. Двигатели с высокой степенью сжатия легче запускаются при низких температурах.

Оценочным показателем самовоспламенения дизельного топлива является цетановое число.

Цетановое число (ЦЧ) – показатель, указывающий на скорость нарастания давления при сгорании дизельного топлива в поршневых двигателях с самовоспламенением топливовоздушной смеси от сжатия, в единицах эталонной шкалы.

Для дизельных двигателей применяют топливо с цетановым числом 45...50. Если ЦЧ ниже 40 – ухудшатся пуск и работа двигателя, если значительно выше 50 – происходит перегрев распылителей форсунок, снижение мощности и экономичности, появляется обильное дымление.

Цетановое число определяется на установке ИТ9-3М, технология аналогична определению октанового числа для бензина.

Топливо дизельное выпускаемое и реализуемое на территории РБ регулируется СТБ 1658-2015 и соответствует:

- требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу для реактивных двигателей и мазуту» в отношении экологического класса К5;

- требованиям европейского союза стандарта EN 590:2013 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические требования и методы испытаний».

Для эксплуатации в условиях умеренного климата предлагаются следующие сорта летнего и зимнего дизельного топлива:

- ДТ-Л-К5, Сорт С – предельная температура фильтруемости не выше 5 °С;

- ДТ-З-К5, Сорт F – предельная температура фильтруемости не выше минус 20 °С;

Для эксплуатации в условиях арктического и холодного зимнего климата предназначено топливо дизельное:

- ДТ-З-К5, Класс 0 – предельная температура фильтруемости не выше минус 20 °С, температура помутнения не выше минус 10 °С;

- ДТ-З-К5, Класс 1 – предельная температура фильтруемости не выше минус 26 °С, температура помутнения не выше минус 16 °С;

- ДТ-З-К5, Класс 2 – предельная температура фильтруемости не выше минус 32 °С, температура помутнения не выше минус 22 °С;

- ДТ-А-К5, Класс 4 – предельная температура фильтруемости не выше минус 44 °С, температура помутнения не выше минус 34 °С.

3.3.3 Газовое топливо

При прочих одинаковых условиях для двигателей, работающих на газовом топливе, расходы на топливо снижаются по сравнению с двигателями, работающими на жидком топливе. Наряду с более низкой стоимостью газовое топливо более полно сгорает в цилиндрах двигателя, а отработавшие газы

(продукты его сгорания) меньше загрязняют окружающий воздух. Газовое топливо не разжижает масло в картере двигателя, не смывает масло со стенок цилиндров и не ухудшает этим условий смазывания, поэтому износ деталей двигателя ниже. Увеличивается также срок службы масла, снижается его расход. Газовое топливо имеет высокую детонационную стойкость (октановое число около 100 и выше), поэтому возможно повышение такой рабочей характеристики двигателя, как степень сжатия, для получения ещё более высокой топливной экономичности.

Газ сжиженный нефтяной (ГСН) представляет собой смесь пропана, бутана, изобутана, этана и других углеводородов. Его получают как продукт переработки нефти, а также при добыче нефти или природного газа в виде отдельной жидкой фракции.

В соответствии с СТБ 2262-2012 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия» производятся следующие марки:

– ПБА – пропан-бутан автомобильный, ОЧМ не менее 89, массовая доля серы не более 0,03 %, в т. ч. сероводорода не более 0,003 %.

Также поставляется газ углеводородный сжиженный соответствующий требованиям PN-EN 589+A1:2012 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Сжиженный и нефтяной газ (LPG). Технические требования». ОЧМ не менее 89, серы не более 50 мг/кг, отсутствие сероводорода.

ПТ – Пропан технический, ПА – пропан автомобильный (содержания пропана 90±10 %), ПБА – пропан-бутан автомобильный (содержание пропана 50±10 %, непредельных углеводородов – 6 %, остальное бутан), СПБТ – смесь пропана и бутана технических, БТ – бутан технический.

Сжиженные газы не имеют запаха, и для того чтобы их обнаруживать в воздухе при утечках из газовых систем в них вводят безвредные одоранты – пахнущие вещества, например, этантиол (этилмеркаптан), запах которого ощущается при содержании 0,19 г на 1000 м³ воздуха.

К сжатым относятся газы, которые при нормальной температуре сохраняют газообразное состояние даже при высоком давлении. Характерным представителем сжатых газов является природный газ. Основным компонентом сжатого газа является метан (82...98 %), наряду с ним входят другие углеводороды, CO₂, O₂, N₂, H₂S, тиолы (R- SH), а также механические примеси и влага, содержание которых ограничивается.

Недостатком газового топлива является затруднённый пуск двигателя зимой, особенно при температуре ниже – 15 °С (более высокая температура воспламенения газозооушной смеси, меньшая скорость распространения пламени, отсутствие возможности создать в момент пуска оптимальный состав смеси). Требуется соблюдение дополнительных мер по безопасному обращению с газообразными веществами.

3.3.4 Альтернативные топлива

К альтернативным видам топлива относят: водород, спирты, аммиак, биогаз, биодизель, метиловые эфиры растительных масел.

В большинстве эти технологии не вышли за рамки лабораторий, но в Республике Беларусь в 2007 году в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 гг. по технологии, разработанной в НИИ ФХП БГУ совместно с НПРУП «Унихимпром БГУ», на базе ОАО «Гродно Азот» создано новое промышленное производство метиловых эфиров жирных кислот (дизельное биотопливо) и смесового дизельного биотоплива. В том же году введены в эксплуатацию опытные установки по получению твердого топлива из биомассы рапса на СООО «Экогран» и СЗАО «Гроднобиопродукт».

Биотопливо представляет собой смесь метиловых эфиров высших жирных кислот (более 90 %, составляют эфиры олеиновой, линолевой и пальмитиновой кислот), это вязкая жидкость светло-желтого цвета, легко растворима в неполярных и хлорированных органических растворителях, мало растворима в воде, соответствует всем требованиям, предъявляемым к дизельным топливам нефтяного происхождения.

Преимущества биотоплива:

- использование возобновляемого сырья (рапса) для получения основного компонента;
- получение ценных сопутствующих продуктов: твердого топлива, жмыха для приготовления кормов, технического мыла, глицерина;
- отсутствие вредных газообразных выбросов.

Основные качественные показатели получаемого биотоплива приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Качественные показатели биотоплива

Цетановое число	не менее	47
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с		7,1
Температура застывания, °С	не выше	38
Температура помутнения, °С	не выше	5
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	не ниже	138
Теплотворная способность, кДж/кг		39670
Концентрация смол, мг на 100 см ³ топлива	не более	39,5
Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива	не более	5
Зольность, %	не более	0,04
Коэффициент фильтруемости	не более	3
Плотность при 20 °С, кг/м ³	не более	880
Содержание механических примесей		отсутствует
Содержание воды, %		отсутствует
Массовая доля серы, %		отсутствует

3.4 Масла и смазки для ДВС

3.4.1 Масла для ДВС

Автомобильные смазочные масла применяются для уменьшения потерь энергии на трение и для снижения износа трущихся деталей автомобиля. Масло охлаждает и очищает от продуктов износа трущиеся поверхности, а также предохраняет их от коррозии. Уменьшает шум при работе механизмов, герметизирует некоторые узлы трения.

Качество масла определяется химическим составом базового масла (80–85 %) и присадок (15–20 %), которые изменяют и улучшают характеристики моторного масла. По классификации базовых масел, предложенной Американским институтом нефти (API), базовые моторные масла делят на пять групп:

- базовые масла, полученные в результате селективной очистки и депарафинизации (минеральные);
- высокоочищенные базовые масла, (улучшенные минеральные);
- базовые масла, полученные в результате каталитического гидрокрекинга (минеральные высокой степени очистки);
- синтетические базовые масла на основе углеводородов, эфиров или полиальфаолефинов;
- другие базовые масла, не вошедшие в предыдущие группы (сложные эфиры, полиалкиленгликолевые, растительные и нафтендовые масла).

В процессе использования масла длительное время основным показателем качества служит основа, поскольку присадки в процессе эксплуатации изменяют свои свойства.

Сегодня в мире существует несколько общепринятых классификаций моторных и трансмиссионных масел.

Классификация по ГОСТ 17479.1-85 подразделяет моторные масла по вязкости на 21 класс, из них 4 зимних (3з, 4з, 5з, 6з), 7 летних (6, 8,...20), остальные всесезонные (3з/8, 4з/6, 4з/8 и т. д.). По эксплуатационным свойствам моторные масла подразделяют на 6 групп: А – нефорсированные, Б – малофорсированные, В – среднефорсированные, Г – высокофорсированные, Д – высокофорсированные с наддувом, Е – высокофорсированные с наддувом для тяжелых условий), пять из которых подразделяют на две подгруппы – для бензиновых с индексом 1, для дизельных с индексом 2. Для маркировки используется буква М. Если в маркировке не указан индекс, следовательно, масло универсальное.

Наиболее полное описание соответствия вязкостно-температурных свойств масел требованиям двигателей содержится в общепринятой на международном уровне классификации SAE J300 по вязкости.

Зимние масла имеют цифробуквенную маркировку (5W, 10W); летние – цифровое (20, 30); Для всесезонных масел используют два значения (5W-30, 15W-40).

Методы испытаний, заложенные в оценку свойств масел по SAE J300, дают потребителю информацию о предельной температуре масла, при которой возможно проворачивание двигателя стартером и масляный насос прокачивает масло под давлением в процессе холодного пуска в режиме, не допускающем сухого трения в узлах трения.

К трансмиссионным маслам относят материалы, применяемые для смазывания зубчатых передач агрегатов.

Согласно ГОСТ 17479.2-85 «Масла трансмиссионные. Система обозначений» масла классифицированы по классам и группам в зависимости от их вязкости и эксплуатационных свойств.

Обозначение трансмиссионных масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначает – ТМ (трансмиссионное масло); вторая группа знаков обозначается цифрами и характеризует принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам; третья – обозначается цифрами и характеризует класс кинематической вязкости.

Пример обозначения трансмиссионных масел по ГОСТ:

ТМ-5-93

где ТМ – трансмиссионное масло; 5 – масло с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия; 9 – класс вязкости; 3 – масло содержит загущающую присадку.

Зарубежные масла как правило используют классификацию по SAE и API.

3.4.2 Смазки

Основным назначением смазок является обеспечение снижения трения и износа в трущихся деталях механизмов, что позволяет повысить механический КПД двигателя, защитить трущиеся пары от износа и заеданий. Вторая их важная роль – теплоотвод от двигателя и нагреваемых при трении деталей. Кроме того, смазка защищает металлические поверхности от коррозии.

Преимуществом пластических смазок перед маслами является их способность удерживаться в негерметизированных узлах трения, лучшие смазочные и защитные свойства, высокая экономичность.

Пластические смазки по своему составу являются сложными веществами. В простейшем случае они состоят из двух компонентов – масляной основы (минеральная, синтетическая или органическая), твердого загустителя (структурный каркас) и модификаторов. Их особенность – обратимость процесса разрушения структурного каркаса: под воздействием больших нагрузок каркас разрушается и смазка работает как жидкость, а при снятии нагрузки смазка вновь обретает свойства твердого тела.

Загустители это мягкие, мылообразные органические вещества, которые смешиваются с маслами для повышения их густоты. Могут применяться соли металлов и жидких органических кислот, которые называются мылами.

Простые мыла металлов получают из естественных или синтетических жирных кислот.

Смешанные мыла производят путем смешивания двух-трех мыл разных металлов: натрий-кальциевых, натрий-литий-кальциевых. Эти смазки обладают улучшенными свойствами по сравнению со смазками на простых мылах.

Комплексные мыла металлов получают из нескольких солей одного металла.

Например одной солью является жирное мыло – стеарат, а другой – ацетат (соль более простой органической кислоты). При производстве смазок загустители подбирают так, чтобы механические и термические свойства улучшались.

Доля смазок на основе литиевых мыл достигает 60 %. Эти смазки отличаются высокой окислительной и термической стабильностью, применяются для смазывания большинства узлов двигателя – высокоскоростных и сильно нагруженных подшипников. Температура каплепадения достигает 180...220 °С. К таким смазкам относится Литол-24.

3.4.3 Специальные материалы

К специальным материалам можно отнести герметики и уплотнительные материалы.

Герметик для автомобиля можно классифицировать по составу и по области применения.

По области применения выделяют герметики для стекол, баков, выхлопной системы, резьбовых соединений и иные. По составу герметики делятся на анаэробные, силиконовые, синтетические и керамические.

Анаэробные герметики – это особый класс соединений, состоящий из сложных эфиров диметакрилата со способностью к полимеризации без доступа кислорода.

Герметики на основе силикона маслостойкие и термоустойчивые, выдерживают температуры до +300 °С. Они могут применяться для большинства элементов двигателя. Материал заполняет зазоры толщиной до 6 мм, устойчив к высокому давлению и скоростям работы.

Синтетические герметики для авто изготавливаются на основе синтетических смол. Состав материала делает его универсальным средством, которое можно применять для герметизации большинства элементов.

Керамические герметики созданы на базе синтетических веществ с добавлением керамических компонентов, которые повышают прочность и термостойкость материала. Такой вид герметиков является

узкоспециализированным, применяется для ремонта и герметизации выхлопной системы при легкой сложности поломок и небольшом зазоре до 3 мм.

Уплотнительно-прокладочные материалы применяют для уплотнения разъемных частей двигателей, картеров трансмиссии и других узлов двигателей с целью их герметизации.

Прокладки иногда используют при регулировках отдельных сочленений. Набивочные материалы применяют для герметизации зазоров между подвижными деталями механизмов, а также для защиты узлов трения от пыли, грязи и воды. Уплотнительные прокладки подразделяют на прокладки с полимерной и металлической основой. К материалам на полимерной основе относятся бумага, асбест, резина, фибра, пергамент, а на металлической основе – алюминий, медь, латунь, свинец, углеродистая сталь, высоколегированная сталь.

3.5 Технические жидкости для ДВС

3.5.1 Охлаждающие жидкости

Для отвода тепла выделяющегося при сгорании топлива, в двигателях используется жидкостная система охлаждения двигателей. Через систему охлаждения отводится до 30 % тепла выделяющегося при сгорании топлива. Охлаждающие жидкости должны:

- иметь высокие значение теплоемкости и теплопроводности, определенную вязкость;
- низкую температуру кипения и теплоту сгорания;
- низкую температуру кристаллизации;
- возможность меньше изменять объем при изменении температуры;
- не изменять своих эксплуатационных свойств в процессе эксплуатации.

В жидкостных системах охлаждения автомобильных двигателей, в качестве охлаждающих применяются следующие жидкости: вода, антифриз, тосол.

Вода – наиболее распространенная охлаждающая жидкость. Она доступна, безопасна в пожарном отношении, безвредна для человека и имеет высокую удельную теплоемкость – 4,19 кДж/кг·°С, превосходящую все другие известные охлаждающие жидкости. Существенным недостатком является высокая температура замерзания (вода замерзает при температуре 0 °С со значительным увеличением объема, что вызывает разрушение системы охлаждения при низких температурах.

Вода имеет сравнительно низкую температуру кипения, поэтому в системе охлаждения современных двигателей поддерживают температуру 80...90 °С. При эксплуатации двигателей в условиях жаркого климата, особенно в южных районах страны, температура воды может достигать 95...100 °С. Во избежание больших потерь жидкости, системы охлаждения двигателей

герметизируют. На пробке радиатора устанавливают клапан, который открывается только при повышении давления в системе охлаждения. Это позволяет несколько повысить температуру кипения воды и снизить ее потери от испарения.

Недостатком воды, как охлаждающей жидкости, является также способность образовывать в системе накипь и шлам. Накипь образуется на горячих стенках за счет выпадения солей из водного раствора. Под шламом имеют в виду илистые отложения минерального или органического происхождения, скапливающиеся в застойных полостях рубашки охлаждения двигателя и в нижнем бачке радиатора.

При отрицательных температурах во избежание замерзания воды применяют водные смеси с различными веществами, понижающими температуру застывания.

ТОСОЛ – аббревиатура. ТОС (Технологии органического синтеза), ОЛ – окончание характерное для спиртов. Тосол производят трех марок: АМ, А-40 и А-65.

Тосолы готовят на основе этиленгликоля с добавкой 2,5...3,0 % сложной композиции противокоррозионных и антипенных присадок. Цифры в марках характеризуют температуру застывания.

Антифризами чаще всего называют автомобильные охлаждающие жидкости с температурой замерзания ниже температуры замерзания воды («жидкости охлаждающие низкотемпературные» по ГОСТ). Антифриз предназначен для предотвращения повреждения деталей, вызванного расширением воды при её замерзании, а также обеспечения нормальной работы системы охлаждения в зимних условиях.

Автомобильные антифризы состоят, как правило, из смеси воды (около половины состава) и этиленгликоля (реже – пропиленгликоля, который в отличие от этиленгликоля не токсичен, но стоит значительно дороже), а также пакета присадок, придающих антифризу антикоррозионные (ингибиторы коррозии), антикавитационные, антипенные и флуоресцентные (для облегчения поиска течи) свойства.

Антифриз – общее название жидкостей не замерзающих при низкой температуре.

При делении антифризов на классы чаще всего следующая система:

- G11 (Traditional coolants) – антифриз на основе этиленгликоля с пакетом силикатных присадок;
- G12 (Carboxilate coolants) – антифриз на основе этиленгликоля с пакетом карбоксилатных присадок;
- G12+ (Gybride coolants) – антифриз на основе этиленгликоля с пакетом карбоксилатных и силикатных присадок;
- G12++ (Lobrid coolants) – антифриз на основе этиленгликоля с пакетом гибридных присадок по лобридной технологии.
- G13 (Lobrid coolants) – антифриз на основе глицерина с пакетом органических присадок.

3.6 Вопросы для самопроверки.

1. Классификация топлив.
2. Назначение бензинов.
3. Назначение дизельного топлива.
4. Марки бензинов.
5. Марки дизельных топлив.
6. Назначение моторных масел.
7. Классификация моторных масел.
8. Расшифровка обозначений моторных и трансмиссионных масел.
9. Назначение технических жидкостей.
10. Классификации охлаждающих жидкостей.
11. Назначение и классификация пластичных смазок.
12. Огнестойкость эксплуатационных материалов.
13. Хранение и перевозка эксплуатационных материалов.
14. Альтернативные топлива.
15. Токсичность эксплуатационных материалов.
16. Химмотологическая карта.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЭНЕРГОУСТАНОВКИ С ПРИВОДОМ ОТ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

4.1 Цель выполнения лабораторной работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний по видам ТД; формирование профессиональных навыков по применению ТД для привода энергетических агрегатов; по выбору оборудования; освоение правил эксплуатации.

4.2 Задачи студента

- получить индивидуальное задание;
- на сайте производителя изучить правила эксплуатации оборудования по заданию;
- составить отчет;
- защитить отчет.

4.3 ДВС с электрогенератором

Дизель-генератор предназначен для использования в качестве как стационарного, так и передвижного источника электроэнергии: основного – в местностях, где отсутствуют региональные линии электроснабжения, резервного – при эксплуатации с блоком АВР (автоматического ввода резерва).

В зависимости от исполнения дизель-генератора могут эксплуатироваться в районах с умеренным и тропическим климатом при температуре окружающего воздуха от –20 до +50 °С.

Климатическое исполнение У1, категория размещения 3 и 2 по ГОСТ 15150-69.

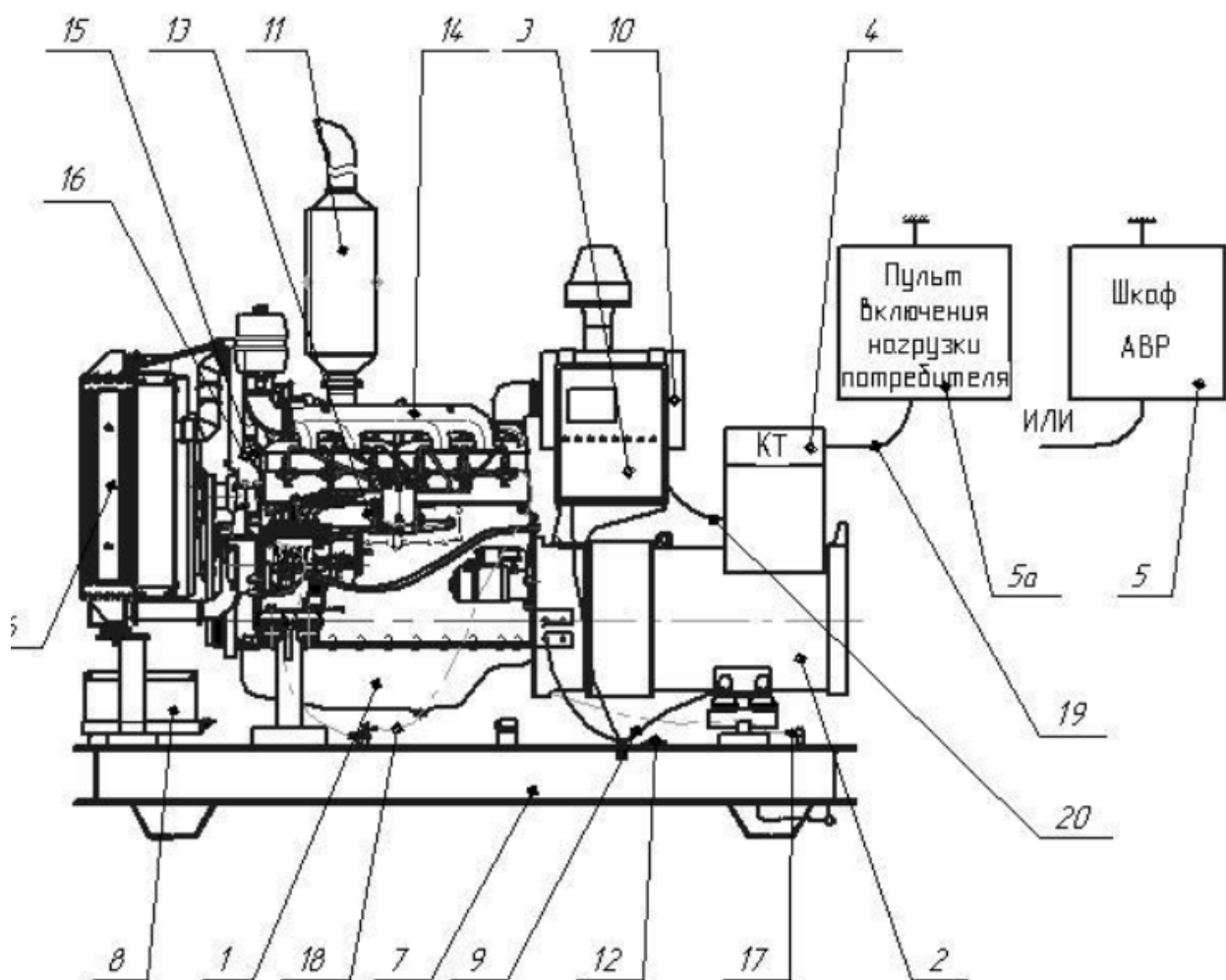


Рисунок 1 – Дизель-генератор:

1 – двигатель; 2 – генератор; 3 – шкаф управления; 4 – трансформаторная коробка; 5 – шкаф АВР; 5а – пульт включения нагрузки; 6 – блок охлаждения; 7 – рама-бак; 8 – аккумуляторные батареи; 9 – провода заземления; 10 – воздухоочиститель; 11 – глушитель; 12 – датчик уровня топлива; 13 – датчик давления масла; 14 – датчик засоренности воздушного фильтра; 15 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 16 – датчик аварийной температуры охлаждающей жидкости; 17 – топливопровод всасывающий; 18 – топливопроводы сливные; 19 – кабель силовой; 20 – кабель управляющий.

В дизель-генераторе используются двигатели Д-266.2 или Д-266.3, Д-266.4 ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД», пристыкованного к нему саморегулирующегося генератора переменного тока с самовозбуждением, закрепленных к раме-баку через резиновые амортизаторы, снижающие вибрации. Вал генератора соединен с маховиком двигателя посредством стальных листовых пластин, обеспечивающих гибкость соединения.

Шкаф управления дизель-генератором установлен на кронштейне-платформе картера маховика двигателя также на резиновых амортизаторах.

В шкафу управления размещены блок управления, панель управления которого закреплена на лицевой панели шкафа; зарядное устройство аккумуляторных батарей, блок управления свечами накаливания двигателя, предохранители, кнопка аварийной остановки дизель-генератора. На боковую стенку шкафа выведены розетка автомобильная (24 В) и розетка электрическая (220 В).

На верхней площадке генератора установлена трансформаторная коробка с тремя трансформаторами тока, которые измеряют силу тока в проходящих через них силовых кабелях генератора, подключаемых в зависимости от комплектации дизель-генератора или к пульту включения нагрузки или к шкафу автоматического ввода резерва (АВР).

Перед двигателем на передней стойке установлен на резиновых амортизаторах блок охлаждения, состоящий из водяного радиатора и охладителя надувочного воздуха.

На поперечине стойки под блоком охлаждения закреплены на специальной площадке 2 аккумуляторные батареи.

Двигатель комплектуется толкающим вентилятором, который обеспечивает направление воздушного потока от двигателя через блок охлаждения.

Система охлаждения снабжена расширительным бачком, закрепленным на двигателе.

Для обеспечения длительной и безотказной работы дизель-генератора в процессе эксплуатации установлены следующие основные ограничения:

- полная нагрузка непрогретого двигателя не допускается;
- не допускается перегрев охлаждающей жидкости выше 98 °С;
- при возрастании частоты вращения до 1800 мин – 1 двигатель должен быть остановлен автоматическим устройством или вручную, повторный запуск заблокирован;
- нагрузочный режим максимальной мощности (110 % номинальной мощности) в течение одного часа разрешен только для полностью обкатанного двигателя, повторный выход на режим максимальной мощности допускается не ранее чем, через 5 часов работы, при условии полной стабилизации температурного режима (масла и охлаждающей жидкости);
- суммарная наработка на режиме максимальной мощности не должна превышать 10 % времени, отработанного двигателем с начала эксплуатации;

Режим работы дизель-генератора на номинальной мощности и ниже до 20 % от нее – без ограничений времени.

Длительная работа при 20 % от нагрузки с выводом на режим 100 % нагрузки на 10 мин. один раз в сутки.

Работа на холостом ходу – не более 30 мин.

Длительная непрерывная работа двигателя без ежесменного технического обслуживания не должна превышать 24-х часов, при этом нагрузка должна быть на 10 % ниже номинальной.

Подробную информацию студенты должны изучить на сайте производителя по адресу: [https://td-mmz.ru/images/Rukovodstvo MDG 84-104-120%20%D0%BA%D0%92%D0%A2.pdf](https://td-mmz.ru/images/Rukovodstvo%20MDG%2084-104-120%20%D0%BA%D0%92%D0%A2.pdf)

4.4 ДВС с компрессором

Прицеп-станция ММЗ-ПВ6/0,7К шумонезаглушенная предназначена для выработки сжатого воздуха с избыточным давлением от 0,4 до 0,7 МПа (4,0 до 7,0 кгс/см²) и снабжения им пневматических инструментов и приводов механизмов на строительных, дорожных, геологоразведочных и других работах, а также при механизации тяжелых и трудоемких процессов.

Станция работоспособна при температуре окружающего воздуха от 238 до 313 К (от минус 35 до плюс 40 °С), атмосферном давлении не ниже 0,087 МПа (650 мм.рт.ст.) и запыленности окружающего воздуха не более 20 мг/м³.

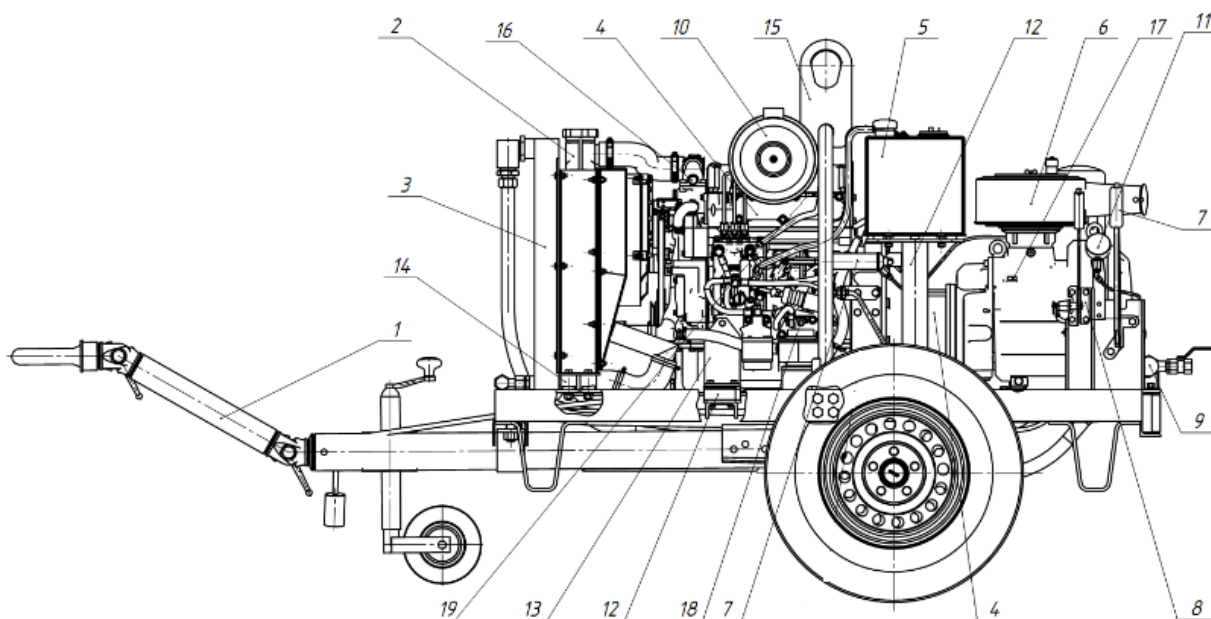


Рисунок 2 – Прицеп-станция ММЗ:

- 1 – ходовая часть; 2 – радиатор в сборе 130-1301010-А; 3 – радиатор В 2850;
4 – дизель 3LD-16; 5 – топливный бак в сборе; 6 – модуль винтовой в сборе EVO-6NKG; 7 – рычаг ручника УАЗ-3160; 8 – рычаг ручника ВАЗ; 9 – труба раздаточная (2 крана - 3/4"); 10 – фильтр воздушный в сборе ГАЗ 3110;
11 – манометр МТ63-1,5; 12 – стойка бака; 13 – кронштейн крепления дизеля
14 – подушка; 15 – стойка подъема; 16 – датчик указателя температуры жидкости ДУДЖ4; 17 – датчик аварийной температуры масловоздушной смеси ТМ-111-05; 18 – датчик аварийного давления масла ДАДМ-02
19 – датчик аварийный ДАТЖ

Станция обеспечивает автоматическое приведение подачи воздуха компрессором в соответствие с потреблением сети за счет дросселирования всасываемого в компрессор воздуха и изменения частоты вращения дизеля.

Станция работает следующим образом.

От вала дизеля, муфту сцепления МС, приводной вал и мультипликатор, вращение передается на ведущий и ведомый винты компрессора КМ. При взаимном вращении винтов происходит всасывание воздуха в компрессор. Всасываемый воздух проходит через воздушный фильтр ФВ, клапан всасывающий (дроссельный) КДР и достигает винтового блока, где происходит сжатие воздуха и масла поступающего в зону начала сжатия для охлаждения, смазки подшипников и уплотнения опорных поверхностей винтов. Далее смесь воздух-масло под давлением поступает в маслоотделитель МО, где происходит первое грубое разделение. Масло, являясь более тяжелой фракцией, осаждается в маслосборнике. Осажденное масло по маслопроводу фильтруется через фильтр масляный ФМ, поступает в радиатор-теплообменник Х, охлаждается, и вновь поступает в винтовой блок.

Воздух содержащий примесь масла поступает в фильтр-маслоотделитель (сепаратор) Ф1, где происходит окончательное разделение на воздух и масло. Окончательно очищенный воздух через клапан минимального давления КМД и раздаточную трубу поступает к потребителю.

Масло, скапливающееся в блоке сепаратора маслоотделителя в процессе маслоотделения, отводится через трубку отсоса масла ЛО в компрессор. Топливо из бака топливного 20 (см. рис. 2) поступает в топливные фильтры дизеля 8, а затем, в насос топливный 25, перекачивающий топливо к форсункам, через которые оно впрыскивается в цилиндры дизеля.

Масло дизеля принудительно охлаждается в 2-ух секционном радиаторе-теплообменнике. Вода из водяной рубашки дизеля охлаждается в радиаторе.

К органам управления станцией относятся:

- рукоятка управления оборотами дизеля(правый рычаг газа), служит для регулирования частоты вращения дизеля в процессе его прогрева перед включением компрессора. Рукоятка снабжена зубчатым сектором и расположена с правой стороны в нише, на кожухе станции под щитом управления. Зубчатый сектор позволяет плавно регулировать обороты дизеля при пуске и прогреве станции: выжатое до упора крайнее положение рукоятки соответствует минимально возможным оборотам вращения коленчатого вала дизеля (до упора в винт мин. оборотов на топливном насосе); отжатое до упора крайнее положение рукоятки (рукоятка утоплена в нишу) соответствует максимально возможным оборотам вращения коленчатого вала дизеля (до упора в винт макс. оборотов на топливном насосе 2000–2200 об./мин);

- рычаг выключения сцепления (левый рычаг сцепления), служит для разъединения совместной работы дизеля и компрессора, через муфту сцепления. Рукоятка снабжена зубчатым сектором и расположена с левой стороны в нише, на кожухе станции под щитом управления. Выжатое до упора

крайнее положение рукоятки разъединяет двигатель с компрессором и позволяет производить запуск и прогрев дизеля без нагрузки;

- краны на трубе раздаточной;
- контроллер управления на приборном щите;
- выключатель массы.

Показания температуры, давления двигателя и наличие топлива в станции можно просмотреть на контроллере, также на нем отразятся и все аварийные срабатывания.

Манометр, установленный в нише с рычагами управления, показывает избыточное давление воздуха в компрессоре, предел измерений от 0 до 1,6 МПа (от до 16 кгс/см²).

Предельно допустимые значения параметров при эксплуатации станции:

- давление масла в дизеле – в пределах 0,04–0,4 МПа (0,4–4,0 кгс/см²) при температуре масла 80–95 °С;
- температура воды в системе охлаждения дизеля – не более 377 К (104 °С);
- температура воздушно – масляной смеси в нагнетательном патрубке – не более 391 К (118 °С);
- рабочее давление, настраиваемое – 0,7 МПа (7 кгс/см²).

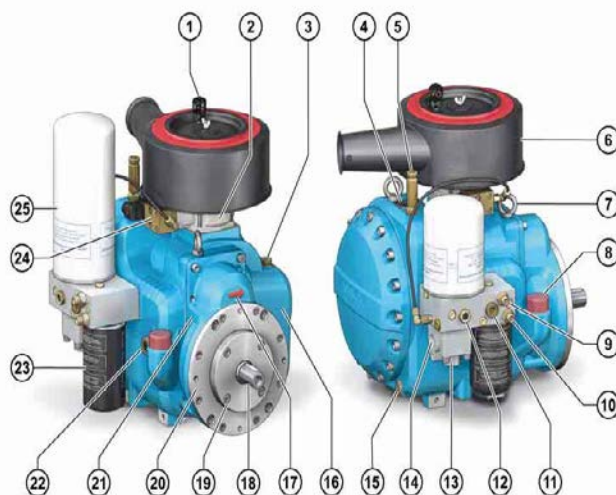


Рисунок 3 – Винтовой компрессор:

- 1 – индикатор состояния всасывающего фильтра (опция); 2 – всасывающий клапан; 3 – разъем датчика температуры; 4 – фирменная табличка; 5 – предохранительный клапан (опция); 6 – всасывающий фильтр; 7 – проушины для транспортировки; 8 – маслосливное отверстие; 9 – подключение масляного контура/выпуск; 10 – подключение масляного контура/впуск; 11 – масляный термостат; 12 – контроль линии возвратного маслотока; 13 – клапан минимального давления; 14 – выпуск сжатого воздуха; 15 – резьбовая пробка маслосливного отверстия; 16 – базовый модуль EVO6-NK; 17 – предустановка направления вращения; 18 – приводной вал; 19 – торцовая крышка с уплотнением вала; 20 – редуктор; 21 – обозначение передаточного числа редуктора (число зубьев); 22 – смотровое стекло (маслоуказатель) (опция); 23 – масляный фильтр; 24 – блок управления, электрический; 25 – картридж масляного сепаратора

Подробно эксплуатацию дизель-компрессорной станции студенты изучают на сайте производителя:

<https://mmz-motor.by/upload/iblock/417/iyy8flbnlao3sqokgxv8tvfba3gsswye.pdf>

4.5 ДВС с насосом

Минский моторный завод выпускает дизель-насосные установки различного назначения: передвижные и стационарные, для чистой и загрязненной воды.

На рисунке 4 показана дизель-насосная установка МДН 40.90 для перекачки чистой воды, на рисунке 5 дизель-насосная установка МДН 86.26 для перекачки агрессивных и загрязненных жидкостей.

Установки различаются насосами.

Насос, показанный на рисунке 6 CNP SP-8 MQHRC(1050) – самовсасывающий поверхностный насос для отвода загрязненных сточных вод, максимальный диаметр прохода твердых тел до 76 мм.



Рисунок 4 – Дизель-насосная установка МДН 40.9



Рисунок 5 – Дизель-насосная установка МДН 86.26

Все станции имеют для заполнения основного насоса и труб ручной вакуумный насос или Газоструйный аппарат.

Подробно с эксплуатацией дизель-насосных установок студенты знакомятся на сайте производителя <https://mmz-motor.by/catalog/dizel-nasosnye-ustanovki/>



Рисунок 6 – Насос серии CNP SP

4.6 Вопросы для самопроверки

1. Правила безопасной эксплуатации дизель-генераторной станции
2. Правила безопасной эксплуатации дизель-компрессорной станции
3. Правила безопасной эксплуатации дизель-насосной станции
4. Назначение дизель-энергетических агрегатов.
5. Особенности перекачки чистой воды.
6. Особенности перекачки загрязненной воды.
7. Выработка сжатых газовых сред. Ограничения по видам.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторным работам оформляется студентом в ученической тетради или на листах формата А4.

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- индивидуальное задание на работу;
- описание по индивидуальному заданию;
- использованные источники.

6. ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Защита лабораторной работы проводится с целью проверки закрепления знаний и развития навыков обучающегося по дисциплине, умения определять цель и ставить задачи, логично излагать материал, обосновывать использованные решения, вести дискуссию и отвечать на заданные вопросы.

Положительно оценивается умение обучающегося самостоятельно находить информацию о передовых производителях оборудования, а также умение сравнивать преимущества и недостатки их продукции.

Незнание обучающимся материала, которое обнаруживается при защите лабораторной работы, дает основание для неудовлетворительной оценки, а также, если становится очевидной несамостоятельность выполнения работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники : учебник / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – 554 с.
2. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учебное пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 4 изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2008. – 498 с.
3. Ведрученко, В. Р. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / В. Р. Ведрученко, Е. М. Резанов, Е. С. Лазарев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 184 с. // Znanium : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/2100417> (дата обращения: 18.04.2025). – Текст : электронный.
4. Ляшков, В. И. Нагнетатели, тепловые двигатели и термотрансформаторы в системах энергообеспечения предприятий : учебное пособие / В. И. Ляшков. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 218 с. // Znanium : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1938027> (дата обращения: 18.04.2025). – Текст : электронный.
5. Семенов, Ю. П. Теплотехника : учебник / Ю. П. Семенов, А. Б. Левин. – 2-е изд. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 400 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). // Znanium : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1939094> (дата обращения: 18.04.2025). – Текст : электронный.
6. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / В. В. Черниченко, В. И. Лукьяненко, П. А. Солженикин, А. В. Исанова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 172 с. // Znanium : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836528> (дата обращения: 18.04.2025). – Текст : электронный.
7. Теплотехника : учебник для втузов / А. М. Архаров С. И. Исаев, И. А. Копеинов [и др.] ; под общ. ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. – 2-е изд. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Ф. Баумана, 2004. – 712 с.
8. ГОСТ 10150-2014. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие постановлением Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 14 ноября 2014 г. N 72-П : дата введения 2016-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 37 с. – Текст : электронный // Меганорм : система нормативных документов. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293759/4293759902.pdf> (дата обращения: 09.11.2025).

9. ГОСТ 3618-2016. 10. Турбины паровые стационарные для привода турбогенераторов. Типы и основные размеры : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие постановлением Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 27 сентября 2016 г. N 91-П : дата введения 2018-01-07. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 12 с. – Текст : электронный // Меганорм : система нормативных документов. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293746/4293746946.htm> (дата обращения: 09.11.2025).

10. Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Химмотологическая карта : ГОСТ 25549-90 : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие постановлением Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 28.06.90 г. № 1975 : взамен ГОСТ 25549-82 : дата введения 1991-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2021. – 10 с. – Текст : электронный // Меганорм : система нормативных документов. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294828/4294828902.htm> (дата обращения: 09.11.2025).

11. Save resources with steam compression and recycling. – URL: <https://www.spilling.de/applications-steam/steam-compression.html> (дата обращения: 12.11.2025. – Текст : электронный.

12. Small scale biomass co-generation with modern steam engines // Spilling Steam Power : Engines and Turbines. – URL: <https://task32.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/03/05-Augustin-Steam-Engines.pdf> (дата обращения 14.11.2025) . – Текст : электронный

13. Винтовой блок Rotorcomp EVO6-NK-G : сайт / ООО «Компрессор ПК». – Москва, 2025. – URL: <https://compressor-pk.ru/catalog/vintovye-bloki/rotorcomp/seriya-evo-nk/vintovoy-blok-rotorcomp-evo6-nk-g> (дата обращения: 14.11.2025) . – Текст : электронный

14. Дизель Д–243 и его модификации. Руководство по эксплуатации 243 – 0000100 РЭ : сайт / Открытое акционерное общество «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД». – Минск, 2025. – URL: <https://mmz-motor.by/upload/iblock/4ad/iytlh5qshm1yn1qn8uy9vjd8bbdxhtlj.pdf>. (дата обращения: 12.11.2025) . – Текст : электронный

15. Дизель-генераторы МДГ 2520, МДГ 3024, МДГ 4032, МДГ 6048, МДГ 7056, МДГ 8568 Руководство по эксплуатации МДГ - 0000100 РЭ : сайт / Открытое акционерное общество «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД». – Минск, 2025. – URL: <https://mmz-motor.by/upload/iblock/223/2fvdbps27od172xhu0l8llpkt7ek8vld.pdf> // (дата обращения: 12.11.2025. – Текст : электронный.

16. Комплексное решение проблем энергоэффективности и экологической безопасности двигателей : сайт / ПК Научно-производственная фирма «ЭКИП». – Москва, 2025. – URL: <http://www.transgasindustry.com/21/dvig.shtml> // (дата обращения: 17.11.2025. – Текст : электронный.

17. Паровая винтовая машина : сайт / ООО «Промышленные компоненты КАМАЗ». – Москва : 2025. – URL: <https://www.wintoo.ru/docs/ru/presentation.pdf> (дата обращения: 13.11.2025). – Текст электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образец титульного листа отчета

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Теплоэнергетика»

Лабораторная работа

по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»
на тему «_____»

Выполнил:

студент факультета _____

группы _____

подпись

Ф.И.О.

Витебск
20__

Учебное издание

НАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ

Составитель:
Путеев Николай Владимирович

Редактор *Р.А. Никифорова*
Корректор *А.С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *Н.В. Путеев*

Подписано к печати 15.01.2026. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 4,4.
Уч.-изд. листов 5,9. Тираж 30 экз. Заказ № 13.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.