

СУДОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



1. Конструктивное исполнение судовых ДВС.
2. Детали остова и КШМ.
3. Газораспределительный механизм.
4. Наддув судовых ДВС.
5. Реверс.
6. Топливо и масла, применяемые в судовых дизелях.

ЛИТЕРАТУРА:

- **Артемов Г.А. Судовые энергетические установки / Г.А. Артемов, В.П. Волошин, Ю.В. Захаров. – Л.: Судостроение, 1987 – 480 с.**
- **Болдырев О.Н. Судовые энергетические установки. Часть I. Дизельные и газотурбинные установки. Учебное пособие. – Северодвинск: Севмашвтуз, 2003. – 171 с.**
- 3. Возницкий И.В., Пунда А.С. Судовые ДВС. Том 1, 2-е издание. – М.: Моркнига, 2010. – 260 с.**
- 4. Возницкий И.В., Пунда А.С. Судовые ДВС. Том 2. – М.: Моркнига, 2008. – 470 с.**

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ 2-х И 4-х ТАКТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ



При одинаковых размерах цилиндра и равных частотах вращения теоретически 2-х тактный дизель может развивать мощность в 2 раза большую, чем 4-х тактный.

В действительности мощность 2-х тактного дизеля (при прочих равных условиях) больше лишь в **1,7...1,8 раза**, чем у 4-х тактного, так как часть хода поршня затрачивается на процессы выпуска и продувки. Кроме того, на привод навешенного на двигатель продувочного устройства затрачивается 6...8 % мощности двигателя.

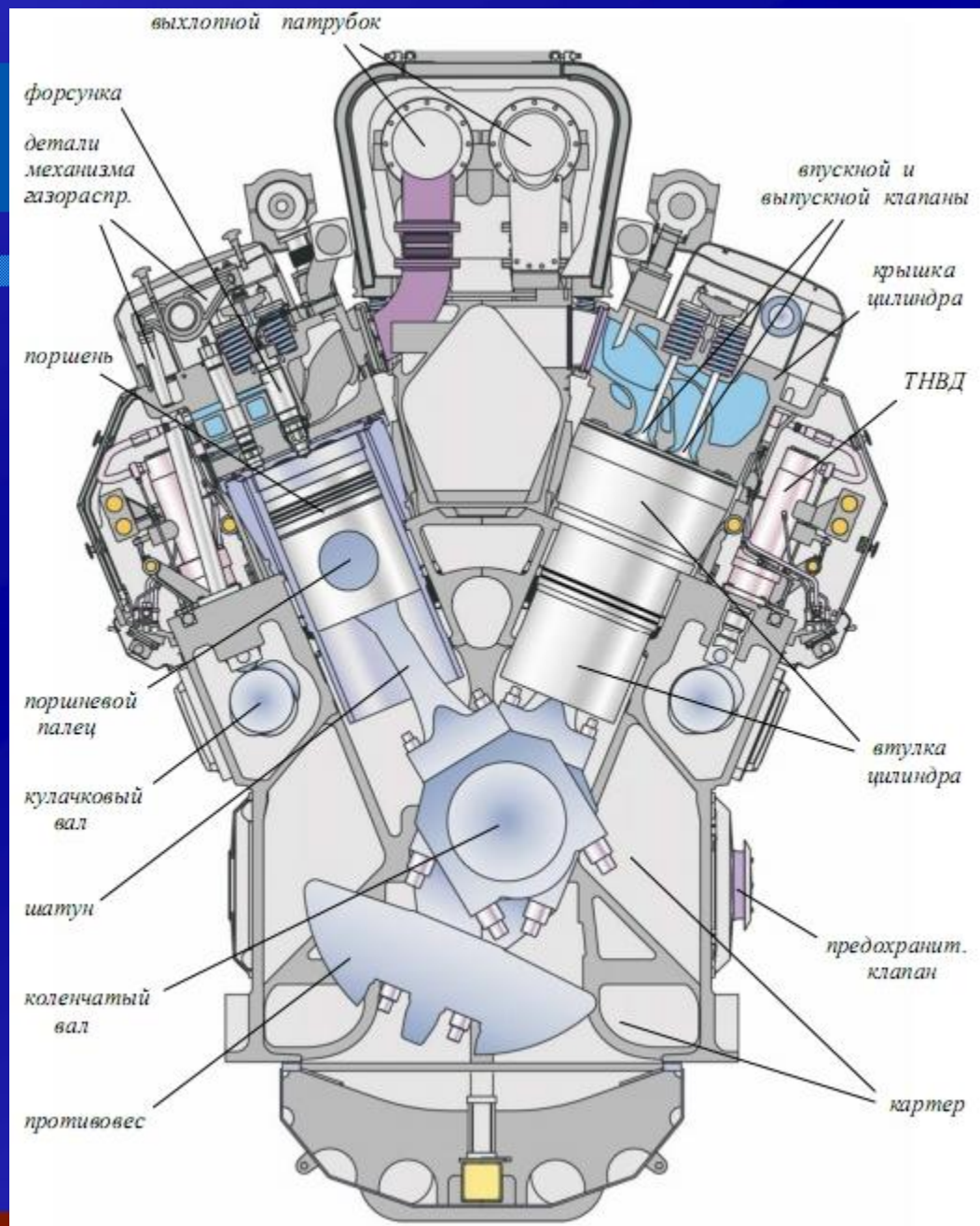
КОНСТРУКЦИЯ ДВС

Дизельный двигатель - агрегат, состоящий из ряда отдельных механизмов, систем и устройств.

Конструкция дизельного двигателя зависит от его назначения, мощности, области применения и т.д.

В любом двигателе можно выделить следующие основные узлы:

- остов,
- кривошипно-шатунный механизм,
- механизм газораспределения,
- продувочное устройство,
- наддувочное устройство



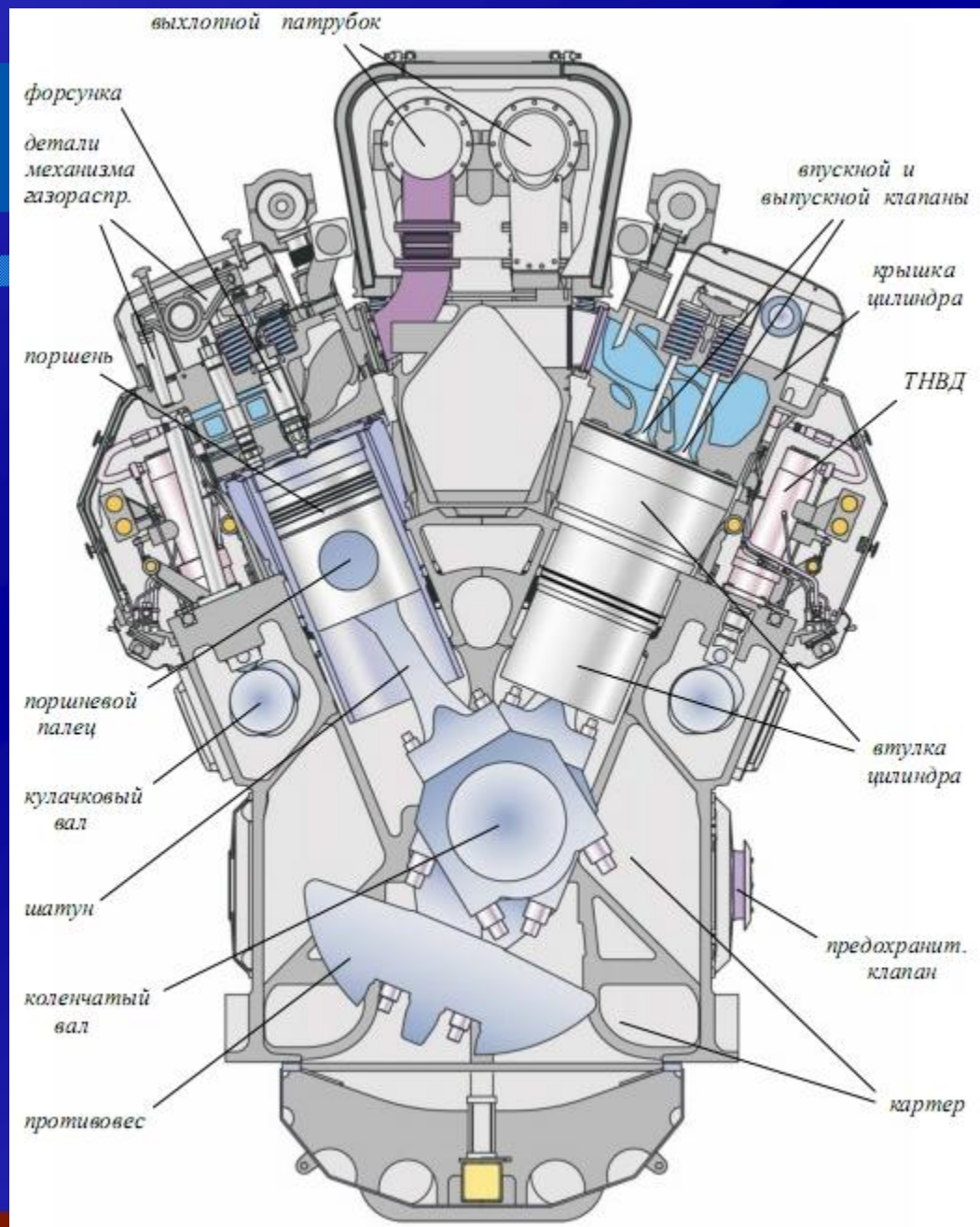
КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Судовой дизель – тепловой двигатель, состоящий из ряда отдельных механизмов, систем и устройств.

Конструкция дизельного двигателя зависит от его назначения, мощности, области применения и т.д.

Основные элементы ДВС:

- остов,
- кривошипно-шатунный механизм,
- механизм газораспределения,
- продувочные и наддувочные устройства



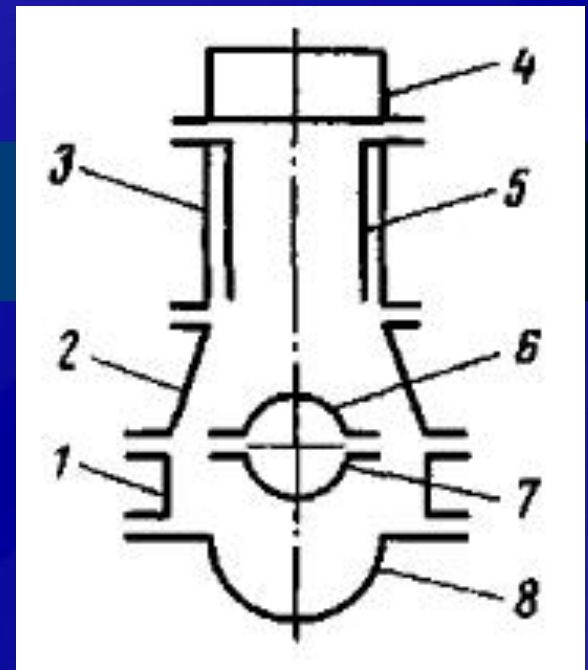
КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Остов двигателя - включает неподвижные (корпусные) детали двигателя. Их размеры и формы определяют внешний вид двигателя. Состав деталей остова зависит от его конструктивной схемы (типа).

В состав остова входят:

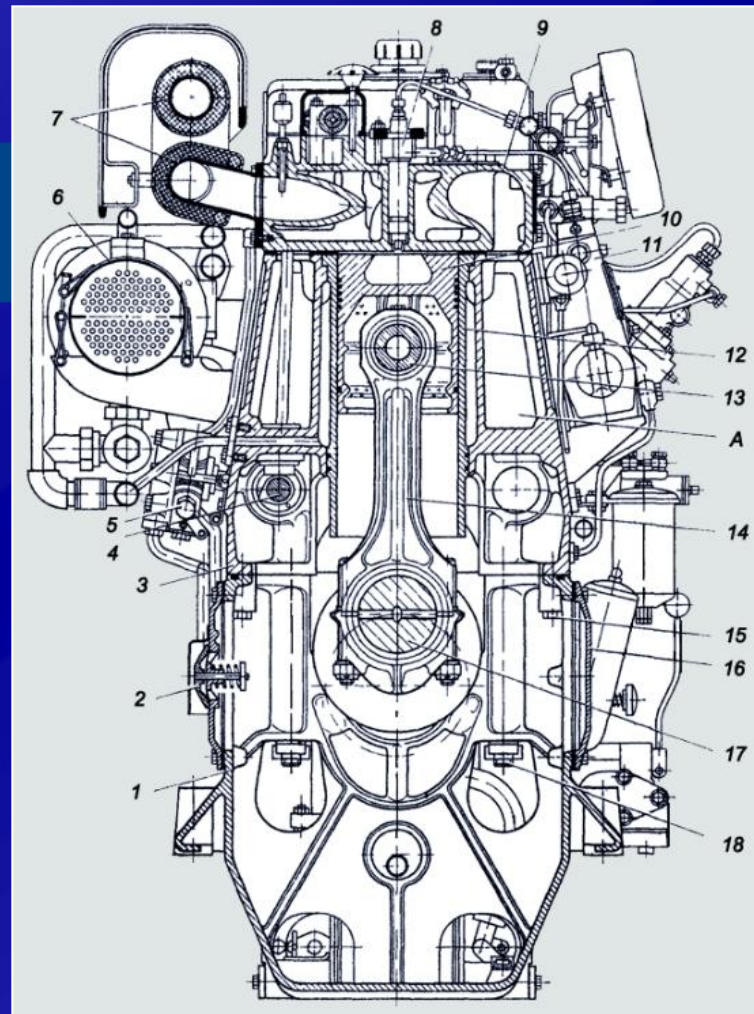
- 1 - фундаментная рама или поддон,
- 2 - картер,
- 3 - блок цилиндров,
- 4 - крышка цилиндра,
- 5 - втулка цилиндра,
- 6, 7 - вкладыши коренного подшипника.

Остов поддерживает и направляет движущиеся детали, воспринимает все усилия, возникающие при работе двигателя. Элементы остова собираются с помощью анкерных связей, шпилек и болтов, стягивающих эти детали.

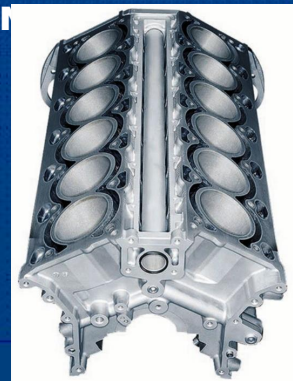


КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Блок цилиндров крепится к литой чугунной (фундаментной) раме анкерными шпильками и болтами. Смотровые люки дизеля закрываются картерными крышками, со стороны выхлопа на части из них устанавливаются предохранительные клапаны. На люке одного из цилиндров устанавливается картерная крышка, в горловине которой размещается предохранительная сетка для заливки масла в картер и щуп для определения его уровня. Для измерения давления газов в картере щуп вынимается и к выступающему концу защитной втулки присоединяется шланг



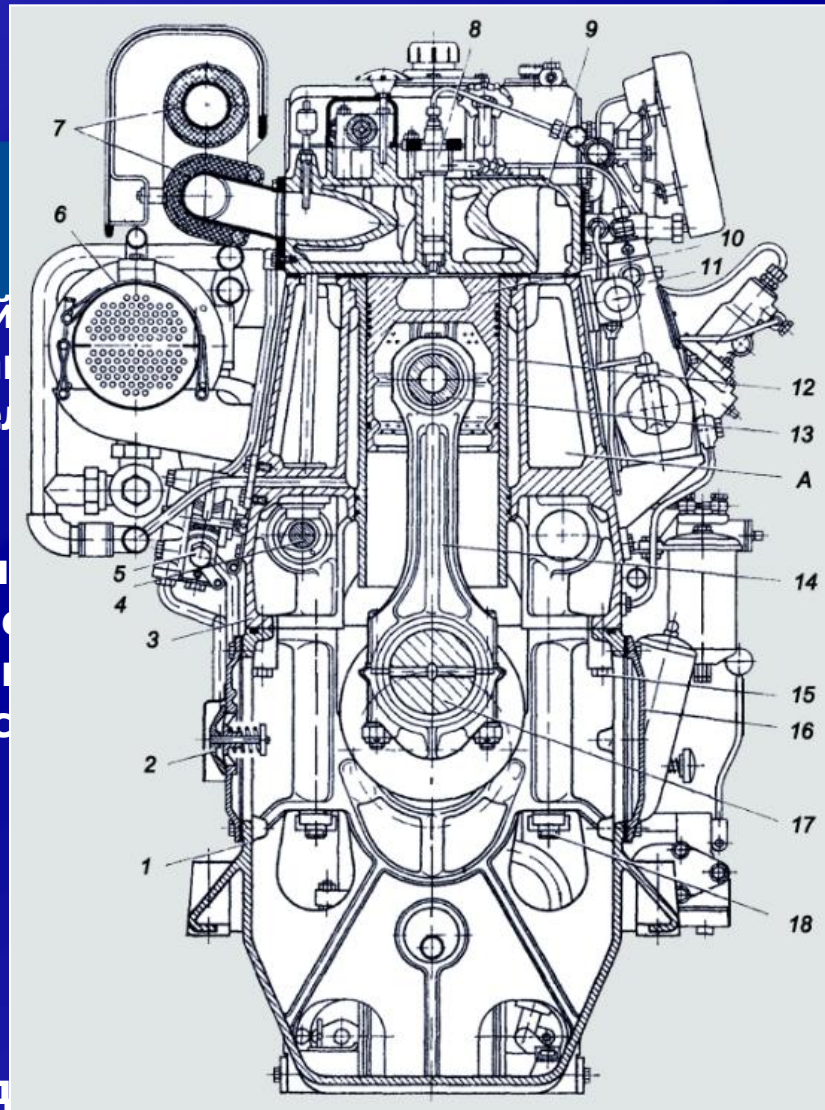
1 - чугунная (фундаментная) рама, 2 – предохранительный клапан, 3 - блок цилиндров, 4 – распределительный вал, 5 - воздухораспределитель, 6 – охладитель воды, 7 - выпускной коллектор, 8 - форсунка пружинная, 9 – крышка цилиндра, 10 - поршень, 11 - ТНВД, 12 - втулка цилиндра, 13 - Палец поршня, 14 - шатун, 15 - анкерный болт, 16 - картерная крышка, 17 - коленчатый вал, 18 - анкерная шпилька.



КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Блок цилиндров крепится к литой чугунной (фундаментной) раме анкерными шпильками и болтами. Смотровые люки блок-рамы дизеля закрываются картерными крышками, со стороны выхлопа на части из них устанавливаются предохранительные клапаны. На люке одного из цилиндров устанавливается специальная картерная крышка, в горловине которой размещается предохранительная сетка для заливки масла в картер и щуп для определения его уровня. Для измерения давления газов в картере щуп вынимается в выступающем конце защитной втулки, присоединяется шланг манометра.

1 - чугунная (фундаментная) рама, 2 - передняя картерная крышка, 3 - передняя картерная крышка, 4 - распределительный вал, 5 - воздухораспределитель, 6 - охладитель воды, 7 - выпускной коллектор, 8 - форсунка пружинная, 9 - крышка цилиндра, 10 - поршень, 11 - ТНВД, 12 - втулка цилиндра, 13 - Палец поршня, 14 - Шатун, 15 - Анкерный болт, 16 - Картерная крышка, 17 - коленчатый вал, 18 - анкерная шпилька.



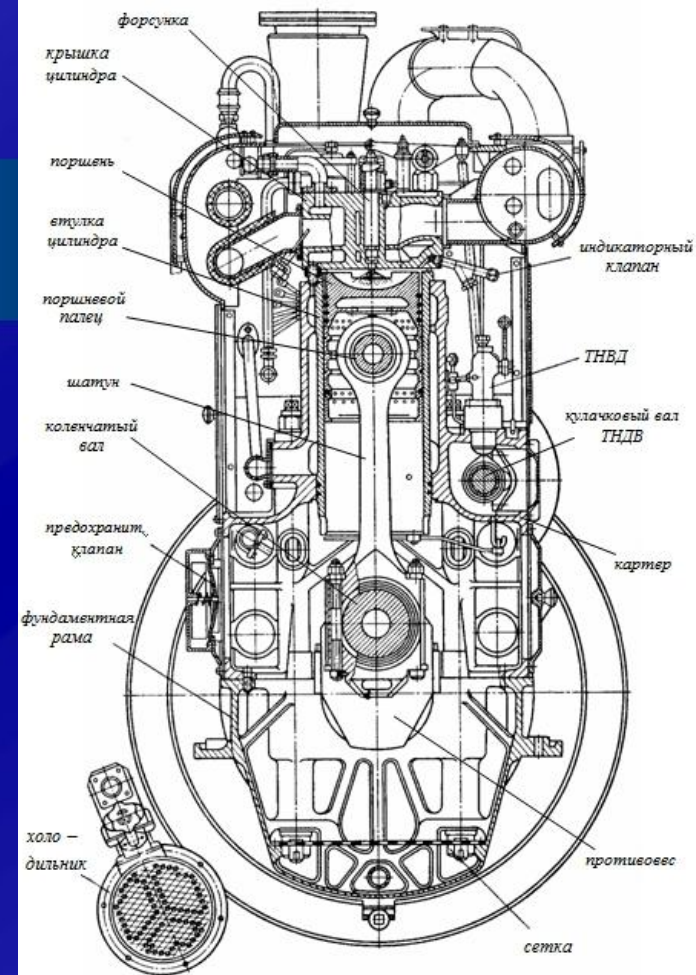
КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Картер – предназначен для соединения цилиндров с фундаментной рамой, образует закрытое пространство для размещения кривошипно-шатунного механизма (**КШМ**). Детали картера подвергаются растяжению от действия максимальной силы давления газов и сжатию усилием предварительной затяжки, а также изгибающим усилиям в крейцкопфных ДВС.

Рабочие цилиндры – часть двигателя, где осуществляется рабочий цикл. Цилиндр состоит из **рубашки** и **вставной втулки**. Во втулке движется поршень и протекают рабочие процессы.

Рубашка является опорой для втулки и образует полости для ее охлаждения. Цилиндры устанавливают на верхнюю обработанную плоскость станины или картера и закрепляют шпильками или анкерными связями.

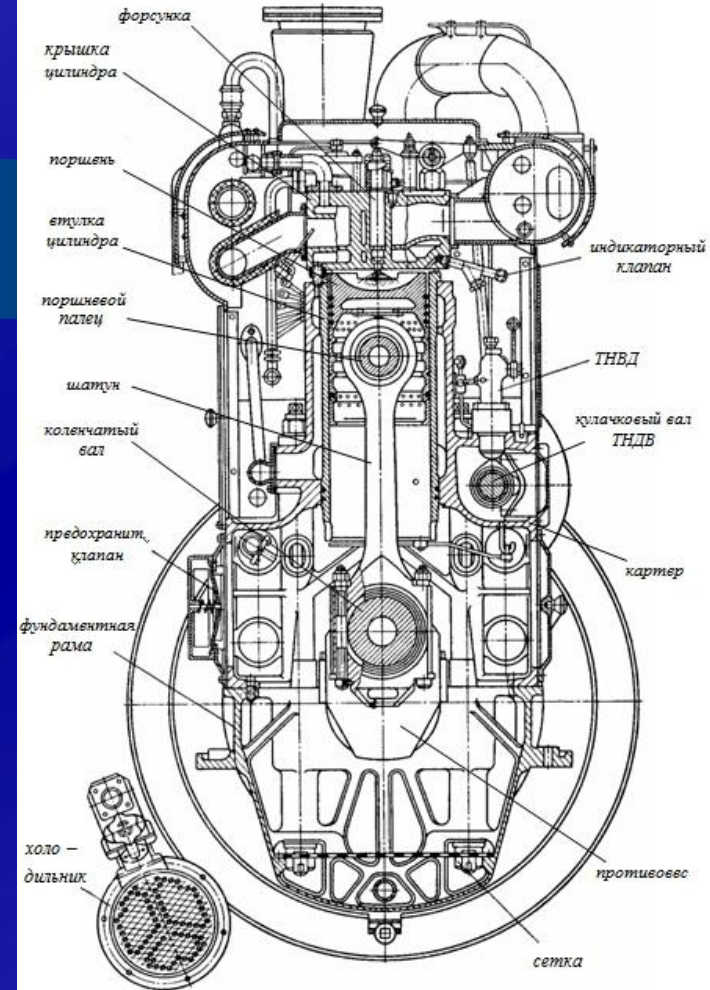
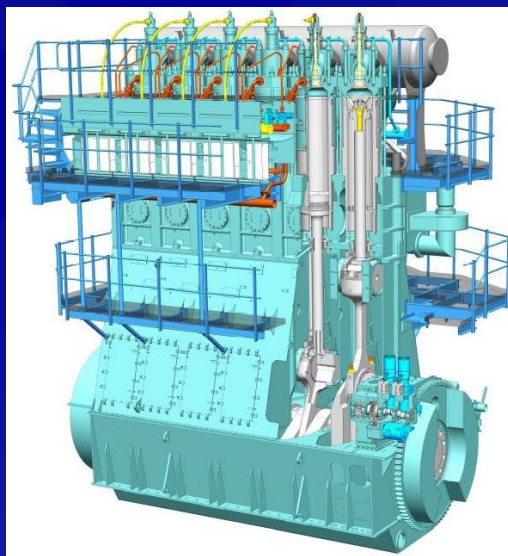
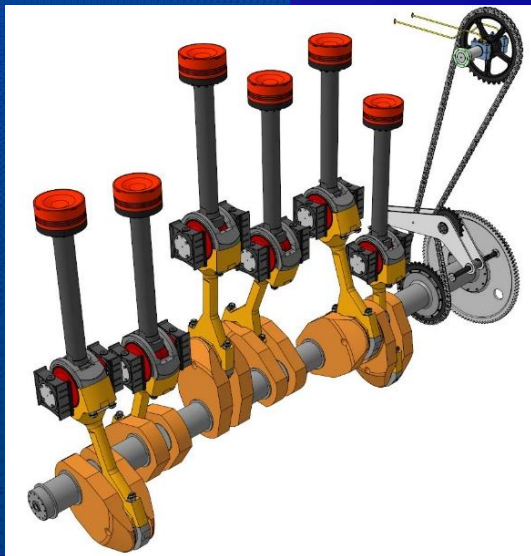
Крышка рабочего цилиндра - закрывает и уплотняет рабочий цилиндр и образует вместе с поршнем и втулкой камеру сгорания; на крышку действуют усилия от затяжки крышечных шпилек и переменного давления газов, а также высокая тепловая нагрузка. Крышки 2-х тактных ДВС имеют более простую конструкцию из-за отсутствия клапанов.



КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) - воспринимает усилие от давления газов и преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала.

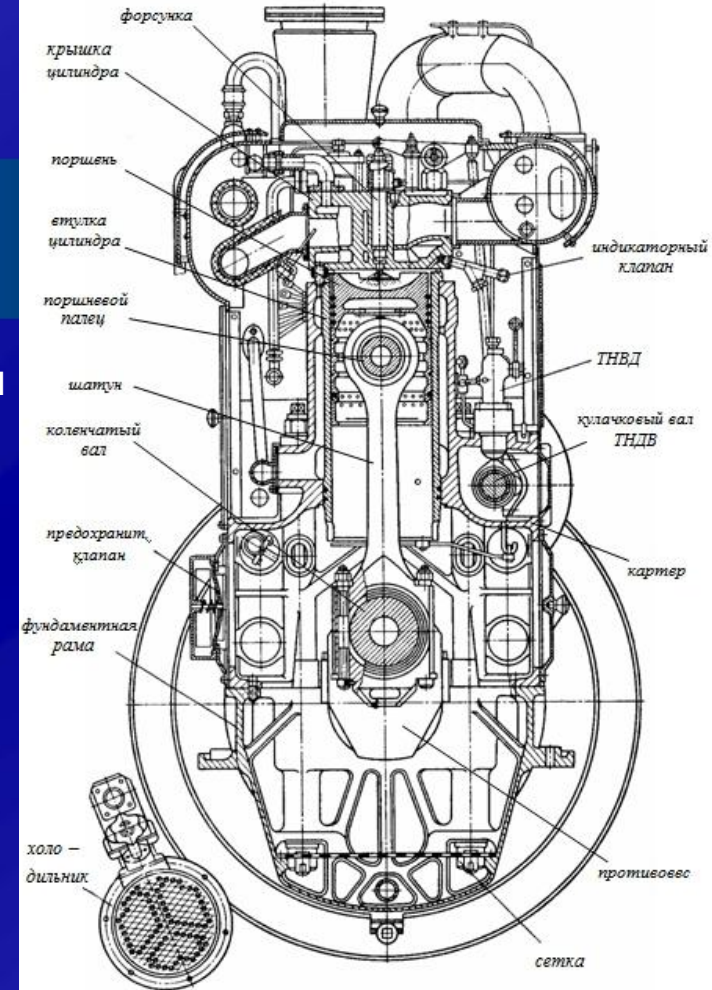
Основные детали КШМ в **крейцкопфных ДВС**: поршень, шток поршня, крейцкопф, шатун, коленчатый вал.



Основные детали КШМ в **тронковых двигателях**: – поршень, поршневой палец, шатун, коленчатый вал.

КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Поршень - воспринимает силу давления газов и передает ее через шатун на коленчатый вал. В тронковых двигателях он выполняет роль ползуна, управляет газообменом в 2-х тактных дизелях; днище поршня воспринимает давление и теплоту горячих газов, ограничивает и формирует камеру сгорания. Форма днища поршня зависит от примененного способа смесеобразования, расположения камеры сгорания и типа продувки. Поршень уплотняется в цилиндре поршневыми кольцами – компрессионными и маслоъемными. Компрессионные кольца уплотняют рабочий зазор, отводят теплоту от поршня к стенкам цилиндра, маслоъемные кольца регулируют количество масла, удаляя его излишки с зеркала цилиндра.

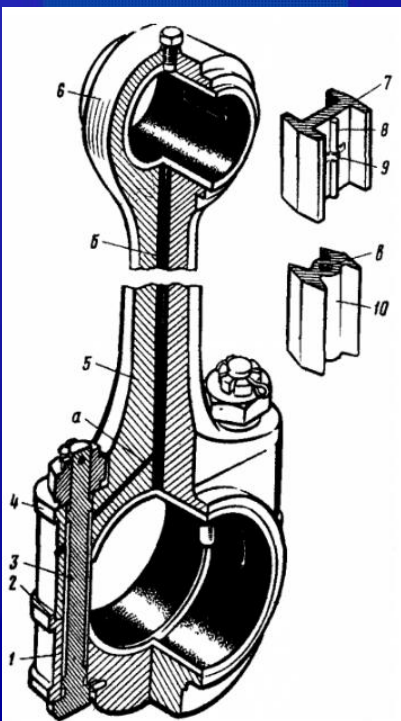
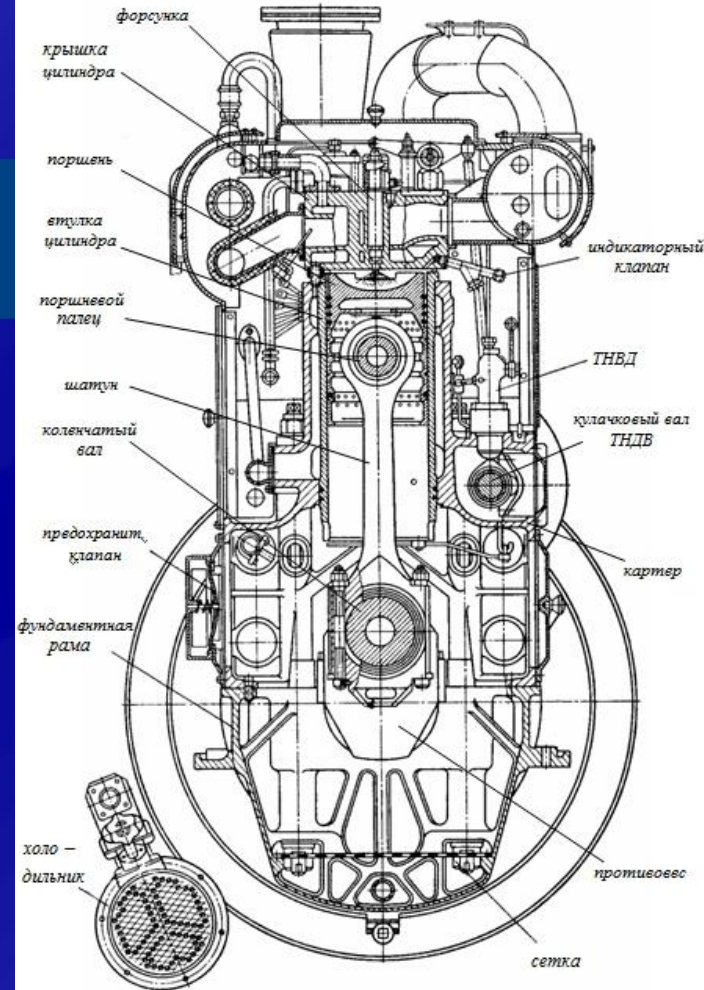


КОНСТРУКЦИЯ ДВС

Шатун - соединяет поршень или поперечину кривокопфа с коленчатым валом, обеспечивает перемещение поршня при совершении вспомогательных ходов; шатун подвергается действию силы от давления газов, сил инерции поступательно движущихся масс и сил инерции, возникающих при качании шатуна.

Шатуны изготавливают из конструкционных сталей 35, 40, 45, 45Г2, а у высокооборотных двигателей — из легированных сталей 40ХН, 40ХНМА и 18Х2Н4ВА.

1 - крышка, 2 - бурт, 3 - шатунный болт, 4 - нижняя кривошипная головка (разъемная или отъемная), 5 - стержень, 6 - верхняя (поршневая) головка (неразъемная), 7, 10 — стержень, 8 — трубка, 9 — скоба

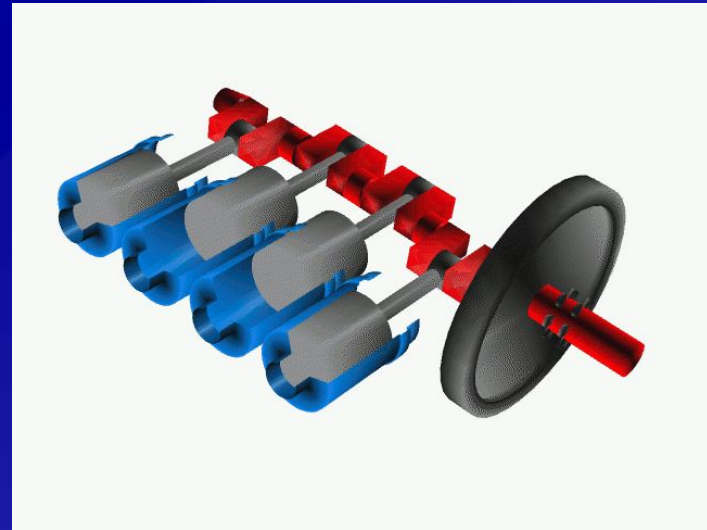


КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Коленчатый вал (КВ) – воспринимает усилия от шатуна и преобразует их в крутящий момент. КВ - наиболее ответственный, напряженный и дорогостоящий элемент ДВС. При работе двигателя КВ нагружается силами давления газов, силами инерции движущихся возвратно-поступательно и вращающихся деталей. Для уравновешивания центробежных сил коленчатые валы могут снабжаться противовесами.

Если вспомогательные механизмы, обеспечивающие работу дизеля, приводятся во вращение от КВ, раздача мощности на механизмы производится от коробки приводов.

Отбор мощности производится на механизмы газораспределения, топливные, масляные насосы и насосы системы охлаждения. Для обеспечения равномерности вращения КВ применяются маховики. Передача вращения от КВ навешенным вспомогательным механизмам двигателя осуществляется через распределительную шестерню или звездочку, шестерни привода навешенных вспомогательных механизмов, узел осевой фиксации, демпфер. КВ может иметь маховик.



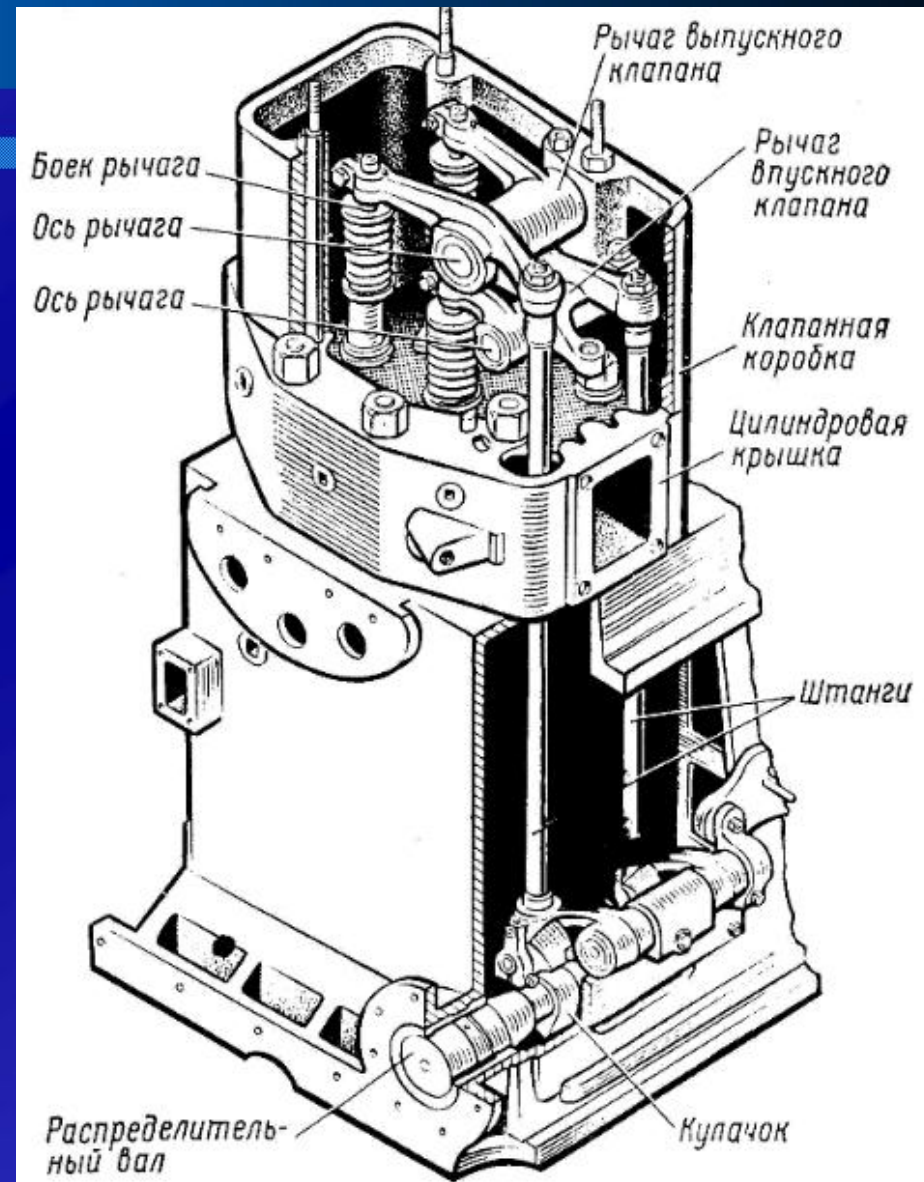
КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Механизм газораспределения - открывает и закрывает впускные и выпускные органы в соответствии с принятыми фазами газообмена.

Механизм газораспределения состоит из рабочих клапанов и деталей, передающих им движение от КВ – шестерен, распределительных валов, толкателей, штанг, рычагов. Конструкция механизма газораспределения зависит от конструкции самого двигателя.

Типы газораспределения:

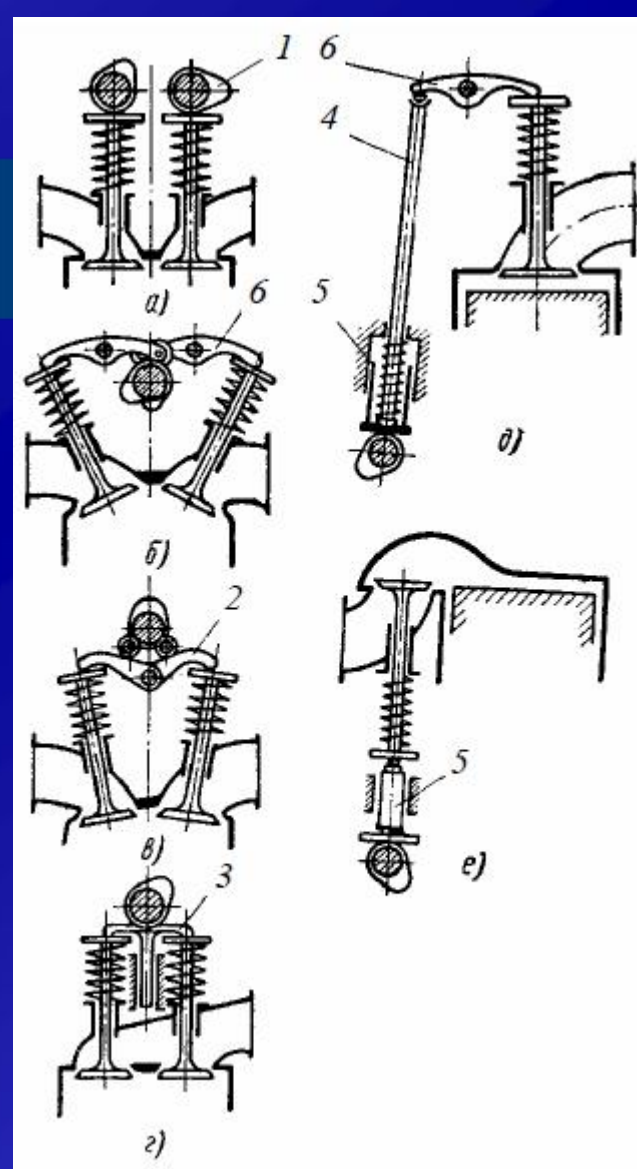
- клапанное,
- золотниковое,
- комбинированное.



КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Клапанное газораспределение применяется в 4-х тактных дизелях всех типов и в качестве привода выпускных клапанов в 2-х тактных дизелях при клапанно-щелевой схеме газообмена. Привод верхних клапанов может осуществляться непосредственно от распределительного вала или через промежуточные детали в виде толкателей, штанг, коромысел, рычагов, траверс. Расположение распределительного вала может быть как верхним над крышкой блока цилиндров (а – г), так и нижним - вдоль блока цилиндров (д). Верхние клапаны дают возможность получить компактную камеру сгорания цилиндрической, конической или сферической формы, благоприятной для смесеобразования и сгорания топлива. Верхнее расположение клапанов типично для различного рода дизельных двигателей.

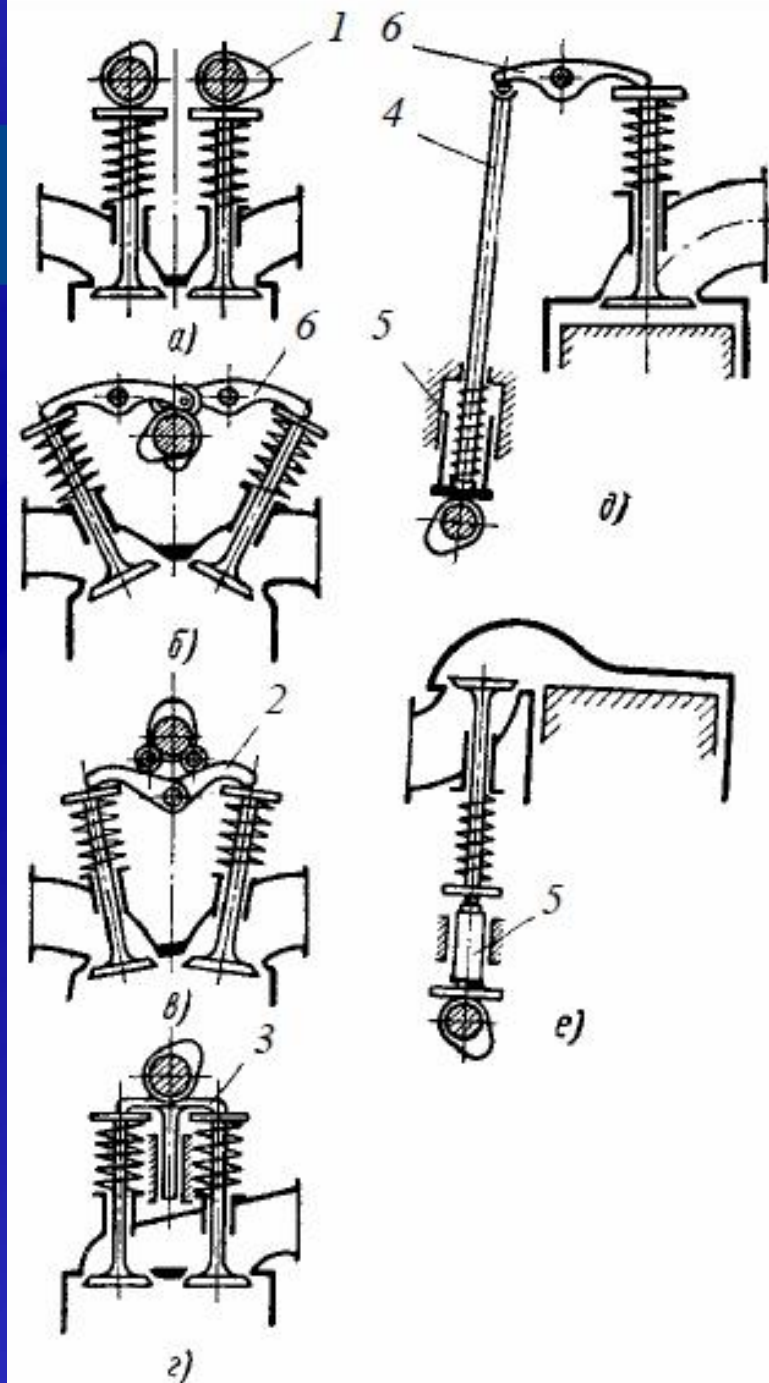
При нижнем расположении клапанов (е) упрощается устройство головки цилиндров и механизма привода клапанов, уменьшается число деталей механизма газораспределения и высота самого двигателя. При этом клапаны могут располагаться как с одной, так и с обеих сторон блока цилиндров.



КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

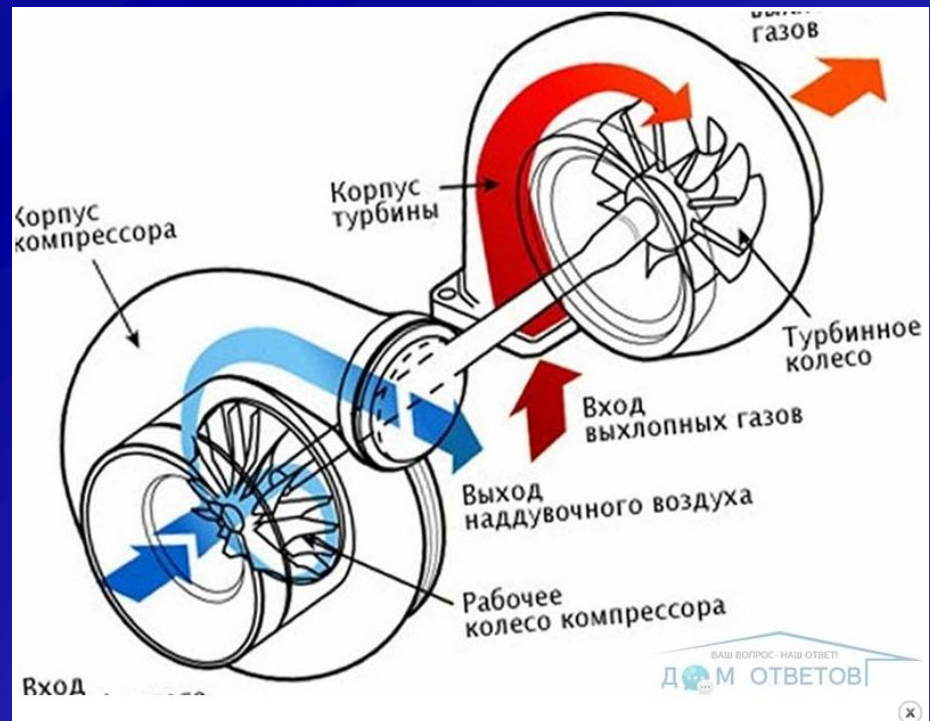
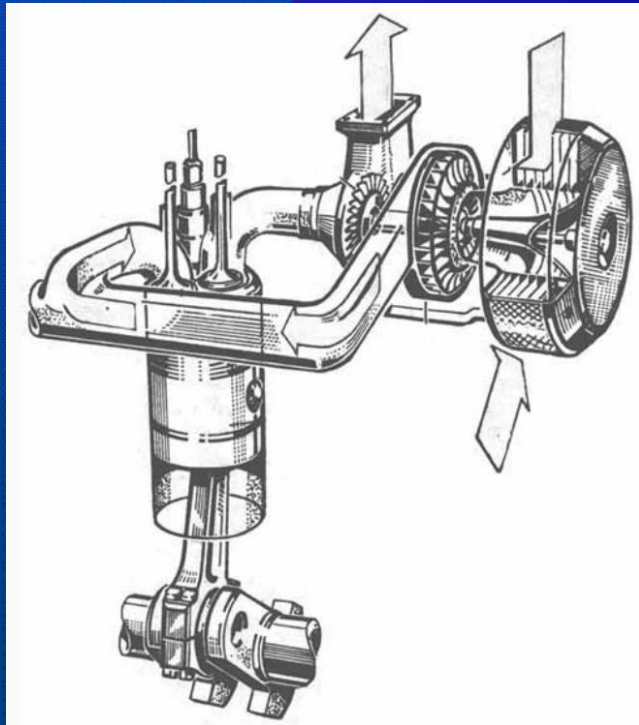
а, б, в, г – верхние клапаны с
приводом от верхних
распределительных валов;
д – верхние клапаны с приводом от
нижнего распределительного вала;
е – нижний клапан

1 – кулачковый вал;
2 – рычаг;
3 – траверса;
4 – штанга;
5 – толкатель;
6 – коромысло



КОНСТРУКЦИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

К продувочным и наддувочным устройствам для подачи в цилиндры воздуха относятся: продувочные насосы (в 2-х тактных дизелях), наддувочные агрегаты, детали приводов, ресиверы продувочного и наддувочного воздуха, охладители воздуха, воздушные фильтры.



ТОПЛИВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Требования, предъявляемые к топливу судовых дизелей:

- 1. Высокая теплота сгорания.**
- 2. Низкая стоимость.**
- 3. Высокая температура вспышки.**
- 4. Способность к самовоспламенению.**
- 5. Способность обеспечивать высокую экономичность двигателя на всех эксплуатационных режимах.**
- 6. Способность обеспечивать легкий и надежный запуск двигателя.**
- 7. Полное сгорание.**
- 8. Исключение возможности образования нагара и отложений на деталях камеры сгорания и интенсивного износа деталей цилиндро-поршневой группы.**

ТОПЛИВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

В судовых дизелях используются следующие группы топлив:

- дистиллятные (дизельные и газотурбинные),
- моторные,
- мазуты.

Для ВОД применяются легкие **дистиллятные** сорта топлив:

- дизельные топлива по ГОСТ 305-82 марок **Л** - летнее, **З** - зимнее, **А** - арктическое.

По содержанию серы дизельные топлива делят на два вида:

- с массовой долей серы не более 0,2 %;
- с массовой долей серы не более 0,5 %.

Для СОД и МОД применяются:

- **дизельные топлива** по ГОСТ 4749-73 марок ДС и ДЛ;
- **моторные топлива** по ГОСТ 1667-68 марок ДТ - обычной и высшей категории качества и ДМ - только высшей категории качества;
- газотурбинные топлива по ГОСТ 10433-75 марок ТГ - обычной категории качества и ТГВК - высшей категории качества.

МАСЛА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Требования, предъявляемые к смазочным маслам судовых дизелей:

- наличие антифрикционных свойств, определяющих способность смазочных масел снижать затраты энергии на трение и возможность подачи по каналам систем смазки и трубопроводам;
- наличие противоизносных свойств, характеризующих способность предупреждать изнашивание или снижать его скорость;
- наличие антинагарных свойств,
- обладание способностью противостоять изменению состава,
- не образовывать низкотемпературных и высокотемпературных отложений и нагаров;
- наличие защитных (антикоррозионных) и консервирующих свойств.

ТОПЛИВА И МАСЛА ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

В настоящее время все моторные масла согласно ГОСТ 17479-72 разделяются по своим эксплуатационным свойствам на шесть групп: А, Б, В, Г, Д и Е.

Каждая марка масла имеет свое обозначение.

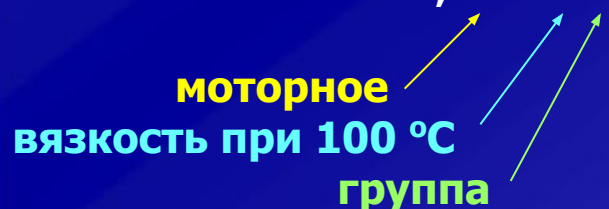
Масла группы «А» применяют в нефорсированных карбюраторных и дизельных двигателях.

Каждая последующая группа масел используется в двигателях с большей степенью форсировки.

В каждой группе, в свою очередь, масла разделяются по вязкости.

Примеры обозначения: М-6А, М-12Б, М-14В, М-20Г, М-10Д, М-16Е.

моторное
вязкость при 100 °С
группа



МАСЛА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Для улучшения химических показателей масел в базовые масла вводятся различного рода **присадки**:

- вязкостные, повышающие вязкость масел и улучшающие их вязкостно-температурные свойства;
- депрессорные, понижающие температуру застывания масел;
- моющие, не допускающие образования на деталях двигателей нагаров, лаковых отложений и осадков;
- антиокислительные, повышающие стабильность масел при контакте с кислородом, содержащемся в воздухе;
- противоизносные и противозадирные, улучшающие смазочные свойства масел и предохраняющие трущиеся детали от задиров;
- противокоррозионные, снижающие агрессивность масел по отношению к металлам;
- противопенные, предотвращающие вспенивание масла при циркуляции в системе;
- антимикробные, предотвращающие размножение в маслах микроорганизмов: бактерий, дрожжевых и плесневых грибков;
- многофункциональные, сочетающие в себе свойства нескольких типов присадок, и др.

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Потери энергии при работе дизельного двигателя:

- механические потери,
- тепловые потери.

Механические потери:

1. Потери мощности на трение - составляют большую часть механических потерь. Эти потери вызываются трением во всех сопряженных парах деталей (поршень с поршневыми кольцами и стенки цилиндра, трение в подшипниках коленчатого вала).

К увеличению механических потерь приводят:

- увеличение газовых сил с повышением нагрузки;
- увеличение инерционных сил с повышением частоты вращения;
- ухудшение обработки поверхностей деталей;
- нарушения в работе систем смазки и охлаждения.

2. Потери мощности на совершение насосных ходов поршня $N_{НАС}$ — определяются сопротивлениями впускных и выпускных клапанов. В 2-х тактных дизелях с щелевой бесклапанной схемой продувки эти потери отсутствуют.

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

3. Потери мощности на привод вспомогательных механизмов N_{BM} – обычно включают затраты мощности на привод агрегатов, без которых невозможна нормальная работа двигателя: водяной, масляный, топливный насосы; регулятор частоты вращения; механизм газораспределения и т.д. Эти потери зависят от конструктивного исполнения ВМ, их совершенства, размеров и технического состояния;

4. Потери мощности на вентиляцию N_{BEHT} – учитывают затраты на преодоление трения между движущимися деталями (поршнем, шатунами, коленчатым валом) и воздухом;

5. Потери мощности на механический привод компрессора НК – присутствуют только в двигателях с подключенными турбокомпрессорами, приводимыми во вращение от коленчатого вала дизеля. Эти потери зависят от размеров и типа компрессора.

В общем случае механические потери представляют собой сумму:

$$N_{MEX} = N_{TP} + N_{HAC} + N_{BM} + N_{BEHT} + N_K$$

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Тепловые потери:

1. Потери с отводом теплоты в охлаждающую среду – $Q_{OХЛ}$, [кДж/ч]. Эта потеря состоит из суммы теплоты, отводимой в воду – Q_B и в смазочное масло – Q_M которые зависят, в свою очередь, от разности температур масла и воды на входе – t_1 в двигатель и на выходе – t_2 из двигателя, теплоемкости жидкостей (масла – C_M и воды – C_B), и расхода охлаждающих сред – G_M и G_B :

$$Q_{OХЛ} = Q_B + Q_M = G_B c_B (t_{B2} - t_{B1}) + G_M c_M (t_{M2} - t_{M1})$$

Теплота, отводимая в охлаждающую среду, состоит из теплоты, отданной рабочим телом, и теплоты, эквивалентной работе трения. Теплота, израсходованная на потери трения, переходит в основном в охлаждающую жидкость: теплота трения поршня о цилиндр – в охлаждающую воду, а теплота трения подшипников – в смазочное масло. Теплоту трения не включают в тепловой баланс дизеля, кроме доли теплоты трения, не перешедшей в охлаждающую среду.

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Тепловые потери:

2. Потери теплоты с уходящими газами – Q_{Γ} [кДж/ч].

потеря определяется как разность энтальпий уходящих из двигателя выхлопных газов и поступающего в цилиндр свежего заряда воздуха:

$$Q_{\Gamma} = G_{\Gamma} c_{p\Gamma} T_{3T} - G_B c_{pB} T_B ,$$

где:

G_{Γ}, G_B – часовой расход выхлопных газов и воздуха;

$c_{p\Gamma}, c_{pB}$ – изобарная теплоемкость выхлопных газов и воздуха;

T_{3T} – температура газов за турбиной (при турбонаддуве);

T_B – температура воздуха на входе в цилиндр

3. Неучтенные потери – $Q_{нп}$, к которым относятся:

$Q_{л}$ – теплоту лучеиспускания в окружающую среду (потеря теплоты через стенки двигателя);

$Q_{сг}$ – теплоту, эквивалентную неполному сгоранию топлива (химический недожог топлива);

$Q_{ут}$ – унос топлива в капельно-жидком состоянии с уходящими газами (механический недожог топлива);

$Q_{к.эн.}$ – теплоту кинетической энергии выхлопных газов.

Эта

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДИЗЕЛЯ

Тепловой баланс - распределение затраченной теплоты на полезную работу и потери.

Уравнение теплового баланса двигателя:

$$Q_T = Q_e + Q_{\text{охл}} + Q_G + Q_{\text{нп}},$$

где: $Q_T = BQ_H^P$, кДж/кг – теплота сгорания введенного в цилиндр топлива;

$Q_e = 3,6 \cdot 10^3 N_e$, кДж/кг – теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя

Дизели - наиболее экономичные двигатели. КПД лучших образцов -50...51 %. Однако и в дизелях теряется значительное количество тепловой энергии: 30...40 % – с выхлопными газами и 10...20 % – с охлаждающими средами (с водой и маслом).

Потоки теплоты в ДЭУ имеют сложный характер, обусловленный наличием нескольких видов энергии: химической энергии топлива; механической энергии, выработанной двигателем; электрической энергии, полученной во вспомогательных двигателях; тепловой энергии в виде пара, горячей воды, выхлопных газов, нагретого масла; потенциальной энергии сжатого в компрессоре воздуха и т.д.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДИЗЕЛЯ

Q_T – теплота, эквивалентная химической энергии сгорания топлива;

Q_i – теплота, эквивалентная индикаторной работе;

Q_e – теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя

Потери теплоты:

$Q_{охл}$ – с охлаждающей средой;

Q_G – с уходящими газами;

$Q_{нп}$ – неучтенные потери;

$Q_{ст}$ – в стенки двигателя;

$Q_{вп}$ – полные потери газа в выпускном патрубке;

$Q_{мех}$ – механические потери;

$Q_{тр}$ – на трение поршня и колец;

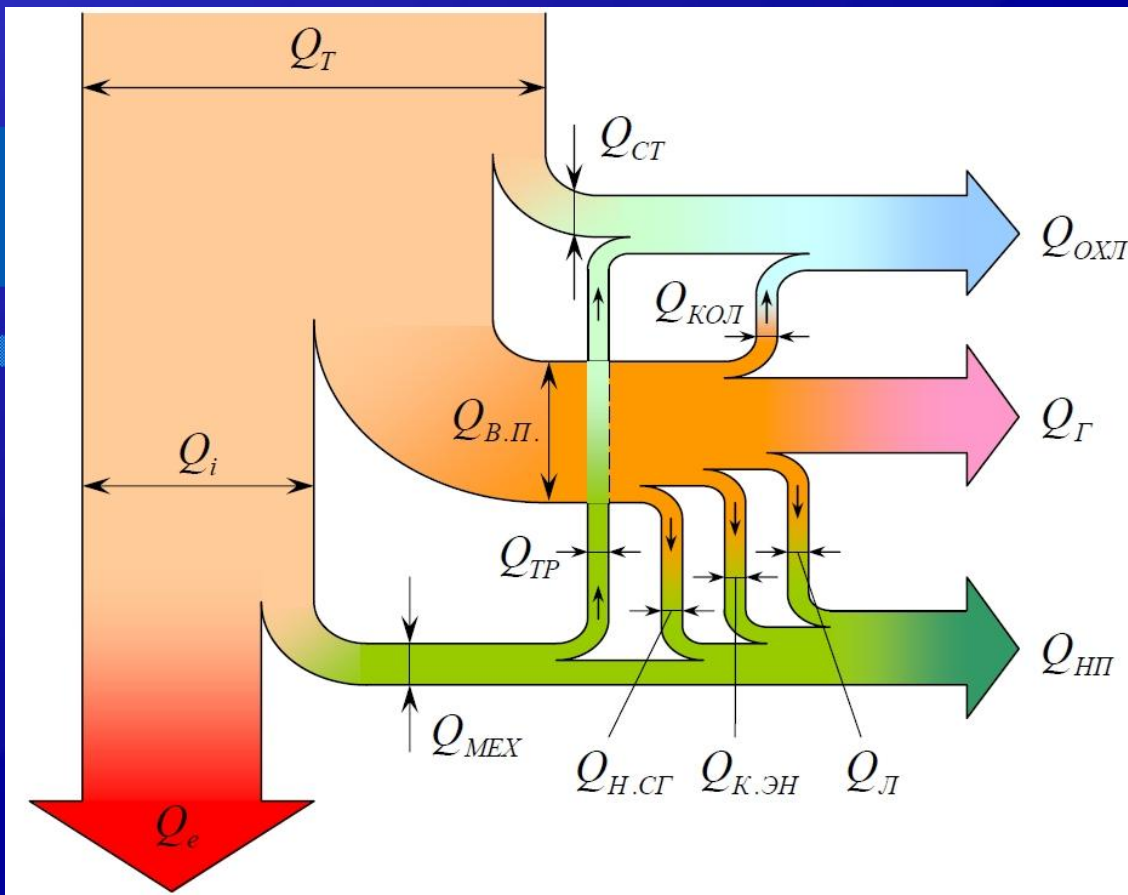


Диаграмма теплового баланса дизельного двигателя без утилизации теплоты

$Q_{н.сг.}$ – от неполного сгорания топлива;

$Q_{к.эн.}$ – с кинетической энергией газов;

$Q_{л}$ – с лучеиспусканием;

$Q_{кол}$ – в охлаждающую среду из выпускного коллектора

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДИЗЕЛЯ

Примерные значения эффективной работы и потерь энергии для различных типов современных дизельных двигателей

	Потери энергии и эффективная работа дизелей, %			
	$Q_{охл}$	$Q_{г}$	$Q_{нп}$	Q_e
<i>МОД</i>	<i>14...17</i>	<i>28...32</i>	<i>2...8</i>	<i>45...50</i>
<i>СОД</i>	<i>14...20</i>	<i>30...35</i>	<i>2...10</i>	<i>40...46</i>
<i>ВОД</i>	<i>14...22</i>	<i>32...40</i>	<i>2...12</i>	<i>35...40</i>