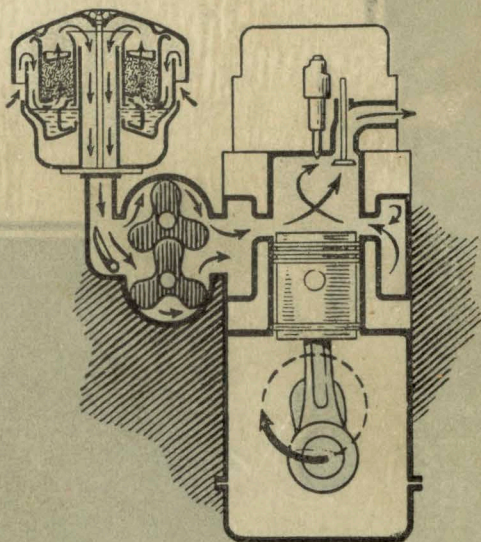


Б. А. Куров

КАК УСТРОЕН И РАБОТАЕТ ДИЗЕЛЬ



Б. А. КУРОВ

КАК УСТРОЕН
И РАБОТАЕТ
ДИЗЕЛЬ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1955

Настоящая брошюра имеет целью ознакомить водителей автомобилей и тракторов с особенностями устройства, работы и эксплуатации дизеля.

В брошюре в популярной форме изложены основы рабочего процесса дизеля, описано назначение, конструкция, принцип действия основных механизмов дизеля и правила ухода за ними.

Изложение иллюстрируется рисунками, схемами и описанием современных отечественных дизелей, устанавливаемых на автомобилях и тракторах.

СОДЕРЖАНИЕ

| | <i>Стр.</i> |
|--|-------------|
| Введение | 3 |
| Некоторые сведения из физики | 12 |
| Основные понятия и законы механики | — |
| Основные понятия и законы теплотехники | 19 |
| Работа дизеля | 21 |
| Особенности работы дизеля | — |
| Работа четырехтактного дизеля | 23 |
| Работа двухтактного дизеля | 31 |
| Сравнение четырехтактного и двухтактного дизелей | 35 |
| Силы, действующие при работе дизеля | — |
| Устройство дизеля | 45 |
| Кривошипно-шатунный механизм | 49 |
| Газораспределительный механизм | 58 |
| Система охлаждения | 61 |
| Система смазки | 65 |
| Система питания | 76 |
| Система подачи топлива | 84 |
| Система подачи воздуха | 115 |
| Система выпуска отработавших газов | 120 |
| Пусковые устройства и запуск дизеля | — |
| Электрооборудование дизеля | 128 |
| Регулирование дизеля | 130 |
| Обслуживание дизеля | 137 |
| Основные неисправности дизеля и способы их устранения . . . | 140 |

Куров Борис Алексеевич — Как устроен и работает дизель

Редактор инженер-полковник *Федотов Р. И.*

Технический редактор *Соломоник Р. Л.*

Корректор *Крапивина И. П.*

Сдано в набор 18.6.55 г.

Подписано к печати 6.10.55 г.

Формат бум. 84×108¹/₃₂ — 4,5 печ. л. = 7,38 усл. печ. л. + 1 вкл. = 1/8 п. л. 7,898 уч.-изд. л.

Г-15071.

Военное Издательство Министерства Обороны Союза ССР
Москва, Тверской бульвар, 18. Изд. № 8,5262. Зак. 393.

1-я типография имени С. К. Тимошенко
Управления Военного Издательства Министерства Обороны Союза ССР

Цена 3 р. 75 к.

ВВЕДЕНИЕ

Быстроходные двигатели внутреннего сгорания имеют исключительно большое значение для народного хозяйства и вооруженных сил страны. Почти все автомобили, тракторы, танки, самолеты, мотоциклы, дорожностроительные, землеройные и сельскохозяйственные машины оборудованы быстроходными двигателями внутреннего сгорания. Такое широкое распространение этих двигателей обусловлено в первую очередь их большой мощностью при небольших размерах и весе и легкостью запуска. Машины, оборудованные двигателями внутреннего сгорания, не нуждаются в электрической проводке, как, например, трамвай или троллейбус, не связаны с рельсовым путем, как, например, паровоз. Двигатели внутреннего сгорания расходуют сравнительно мало горючего на каждый километр пути и на каждую единицу мощности, вследствие чего радиус действия автомобиля и время работы трактора, танка, самолета на одной заправке горючего достаточно большие.

Двигатели внутреннего сгорания работают на горючем, полученном в результате перегонки нефти. Вследствие широкого распространения двигателей общий расход нефти достигает очень больших значений. Принимаются меры к тому, чтобы экономнее расходовать горючее и в первую очередь бензин. Экономия даже нескольких граммов горючего при работе одного двигателя дает экономию в десятки тонн по всему парку машин.

Экономия осуществляется двумя способами. Создаются двигатели, вообще не потребляющие горючее нефтяного происхождения и работающие на другом виде горючего, или совершенствуются существующие двигатели так, чтобы на каждую лошадиную силу, даваемую двигателем, тратилось меньшее количество горючего.

Двигатели внутреннего сгорания, применяемые в настоящее время, разделяются на карбюраторные, дизели и газовые.

Наибольшее распространение в народном хозяйстве получили карбюраторные двигатели, работающие на бензине. Однако, обладая рядом преимуществ, эти двигатели во многом уступают дизелям (двигателям с воспламенением от сжатия). Прежде всего дизели расходуют горючее в меньших количествах, чем бензиновые двигатели; причем горючее более дешевое, чем бензин. Так, на каждую лошадиную силу, развиваемую дизелем ЯАЗ-204, который устанавливается на грузовом автомобиле МАЗ-200, расходуется в течение часа 190—200 г дизельного топлива, а на каждую лошадиную силу в карбюраторном двигателе ЗИС-120, который устанавливается на грузовом автомобиле ЗИС-150, расходуется 230—250 г бензина в час.

Опыт эксплуатации тяжелых грузовых автомобилей с дизелями показал, что эти автомобили расходуют горючего на каждый тонно-километр на 30—40% меньше, чем автомобили с бензиновыми карбюраторными двигателями.

Кроме того, дизель имеет и другие преимущества по сравнению с карбюраторным двигателем. Он обладает лучшей приемистостью и развивает больший крутящий момент. На дизеле отсутствует система электрического зажигания.

Применение дизелей целесообразно на тяжелых грузовых автомобилях, автобусах и тракторах. Объясняется это, во-первых, тем, что на таких машинах получается особенно большая экономия горючего, так как годовой расход его на один тяжелый грузовой автомобиль или автобус примерно в 10 раз выше, чем на один легковой автомобиль среднего литража; во-вторых, тем, что дизель тяжелее карбюраторного двигателя. Установка более тяжелого двигателя на большом автомобиле или тракторе не имеет особенного значения, в то время как применение тяжелого двигателя на легких грузовиках и на легковых автомобилях заметно отражается на общем весе автомобиля и ухудшает его качества.

Вот почему на тяжелых грузовиках, автобусах и тракторах устанавливаются дизели, а на легких и средних грузовиках и легковых автомобилях — карбюраторные двигатели.

Первый двигатель с воспламенением от сжатия был построен в Германии в 1897 г. по предложению немецкого инженера Р. Дизеля. Двигатель развивал мощность в 20 л. с. и имел удельный расход горючего (керосина)

247 г/л. с. ч. Горючее впрыскивалось в цилиндр при помощи сжатого воздуха (компрессорный двигатель с воспламенением от сжатия).

В 1899 г. в Петербурге на механическом заводе (завод Нобеля) был построен более экономичный компрессорный двигатель с воспламенением от сжатия, который имел удельный расход горючего (сырой нефти) 221 г/л. с. ч.

Конструкция двигателей, построенных русскими инженерами, отличалась от конструкции двигателей Дизеля в лучшую сторону, за границей их называли «русскими двигателями». Русские же инженеры называли свои двигатели нарицательно «дизелями». Так с тех пор для краткости вместо наименования «двигатель с воспламенением от сжатия» вошло в обиход слово «дизель».

Двигатели с воспламенением от сжатия не могли быть использованы на транспортных машинах, а применялись только для стационарных установок, так как для впрыска горючего в цилиндры требовался компрессор, из-за которого увеличивались размеры и вес двигателя.

Впервые бескомпрессорный двигатель с воспламенением от сжатия был построен в 1899 г. на Путиловском заводе (теперь Кировский завод) по проекту русского инженера Г. В. Тринклера.

До Великой Октябрьской социалистической революции тихоходные дизели разных типов выпускались заводом «Русский дизель». В 1913 г. мощность всех выпущенных в России дизелей достигла 50 тысяч л. с. Однако необходимое для нужд страны развитие производства тихоходных и в особенности быстроходных дизелей получило лишь в годы Советской власти. Уже в конце первой пятилетки мощность всех выпущенных в СССР дизелей составила 280 тысяч л. с., а их годовое производство более чем в пять раз превысило дореволюционное. Вторая пятилетка характеризовалась не только дальнейшим увеличением количества выпускаемых дизелей, но и разработкой новых конструкций, введением в производство усовершенствованных моделей быстроходных дизелей.

В первый период развития дизелей их пытались создавать на базе существовавших автомобильных карбюраторных двигателей. Например, дизель М-12 был построен в 1933 г. на базе двигателя грузового автомобиля АМО-3. Эти дизели, однако, оказывались недостаточно прочными и надежными. Поэтому дизели новых конструкций стали соз-

давать, используя опыт выпуска не только автомобильных двигателей, но и судовых и стационарных дизелей.

Большую роль в развитии быстроходных дизелей сыграл международный конкурс, организованный Советским правительством в 1934 г. В этом конкурсе приняли участие и заняли одно из первых мест советские дизели конструкции профессора Н. Р. Брилинга. На конкурсе ярко проявились преимущества дизелей по сравнению с карбюраторными двигателями в отношении экономного расходования горючего.

Важное значение в развитии дизелей имели работы по усовершенствованию их рабочего процесса. Вихревая камера дизеля ЗИС Д-7 способствовала значительному улучшению экономичности дизелей с этим видом камер. В 1935 г. была разработана конструкция двухтактного дизеля с непосредственным впрыском горючего.

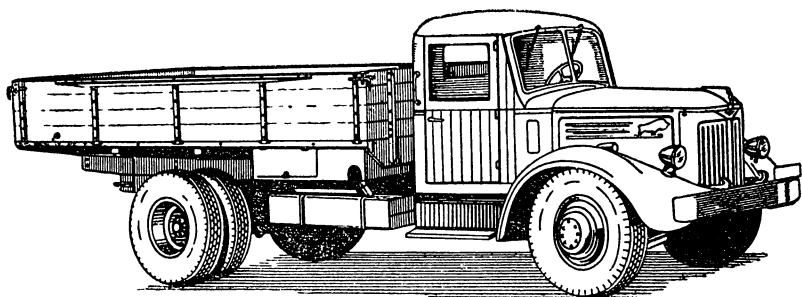


Рис. 1. Грузовой автомобиль МАЗ-200

Наряду с улучшением рабочего процесса велась работа по усовершенствованию деталей и отдельных узлов дизеля. Повышалась прочность кривошипного механизма, улучшалась система смазки, внедрялись новые подшипники и т. п.

Во время Великой Отечественной войны началась разработка дизелей новых конструкций для автотракторной промышленности. Послевоенной пятилеткой было предусмотрено дальнейшее расширение производства дизельных автомобилей и тракторов.

В соответствии с этим Ярославский автомобильный завод был реконструирован и полностью перешел на производство дизельных грузовых автомобилей. После реконструкции завод стал крупнейшим предприятием по выпуску дизелей для тяжелых грузовых автомобилей. В настоящее

время завод выпускает четырехцилиндровые дизели ЯАЗ-204 и 10—12-тонные грузовые автомобили ЯАЗ-210 с шестицилиндровым дизелем ЯАЗ-206. В Белоруссии был построен и вступил в строй новый мощный автомобильный завод. Этот завод выпускает 7-тонные грузовые автомобили МАЗ-200 (рис. 1) и самосвалы МАЗ-205 (рис. 2) с дизелем ЯАЗ-204.

Удовлетворяя требованиям народного хозяйства, наша промышленность на базе основных моделей выпускает

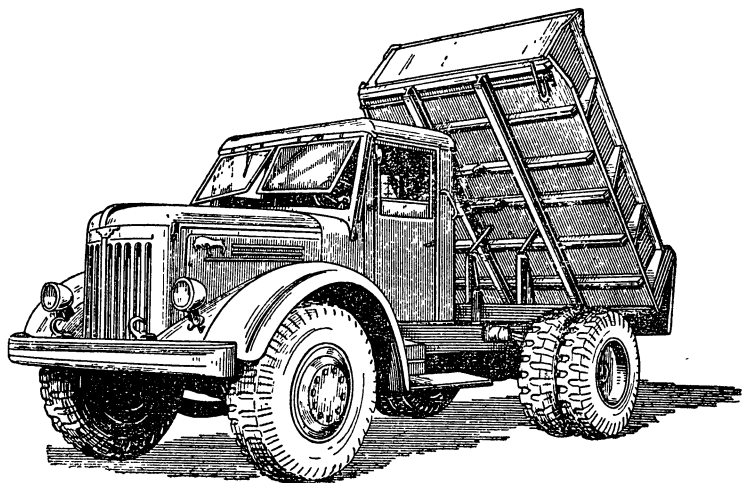


Рис. 2. Самосвал МАЗ-205

в больших количествах тяжелые грузовые автомобили новых типов. Для наших крупных промышленных строек потребовалось создать особые, высокопроизводительные механизмы. Для обслуживания таких машин, как, например, мощный экскаватор, потребовалось создать 10—12- и даже 25-тонные автомобили-самосвалы.

Минский автомобильный завод выпускает самый большой в мире автомобиль — 25-тонный самосвал МАЗ-525 (рис. 3). На нем установлен двенадцатицилиндровый дизель мощностью 300 л. с. Этот же завод выпускает седельный тягач (рис. 4) для буксировки полуприцепов¹. Ярославский автомобильный завод наладил выпуск трехосных

¹ Полуприцепом называется такой прицеп, который своей передней частью опирается на опорно-сцепное устройство тягача.

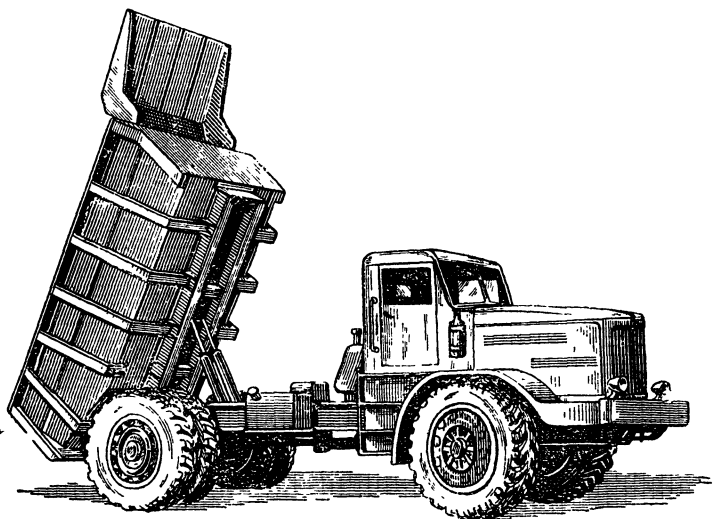


Рис. 3. Самосвал МАЗ-525

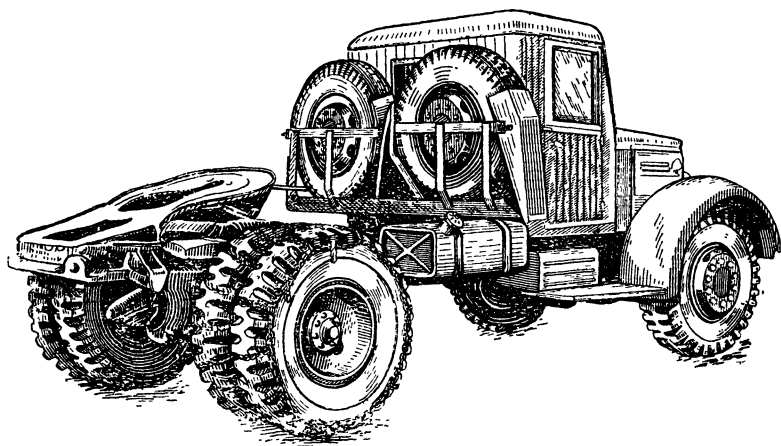


Рис. 4. Седельный тягач

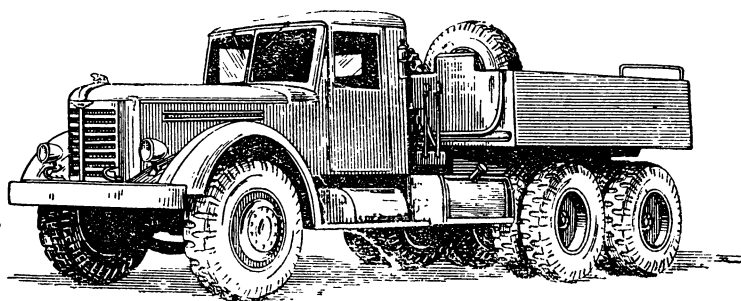


Рис. 5. Тягач ЯАЗ-210Г

тягачей ЯАЗ-210Г (рис. 5) для буксировки 40—45-тонных прицепов.

Тракторные заводы после войны также перешли на выпуск дизельных тракторов, так что в настоящее время на большинстве тракторов, выпускаемых отечественными заводами, установлен дизель. Тракторная промышленность обеспечивает наше сельское хозяйство и великие стройки всеми необходимыми типами тракторов, как, например, трактор Липецкого завода «Кировец Д-35» (рис. 6) с дизелем

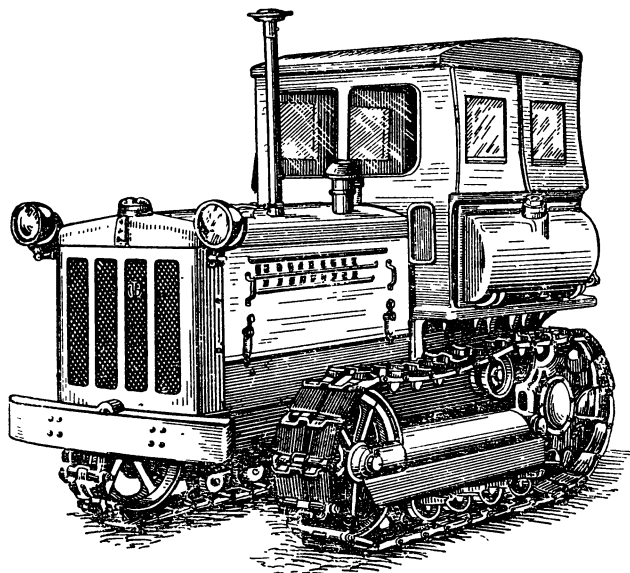


Рис. 6. Трактор «Кировец Д-35»

Д-35, мощный гусеничный трактор Кировского завода «Сталинец-80» (рис. 7) с дизелем КДМ-46. Сталинградский, Алтайский и другие тракторные заводы выпускают дизельные тракторы средней мощности ДТ-54, пропашные тракторы и многие другие.

Дизель получает все большее распространение и играет все большую роль в народном хозяйстве нашей Родины.

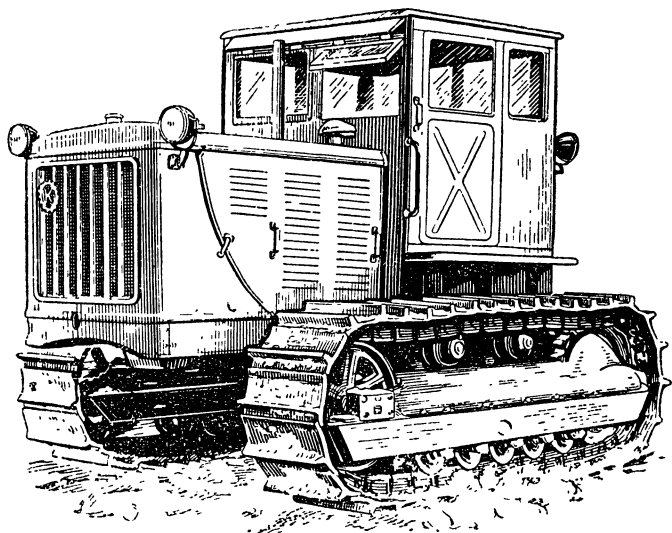


Рис. 7. Трактор «Сталинец-80»

В 1955 г. большегрузных дизельных автомобилей будет выпущено в 4,5 раза больше, чем в 1950 г. Производство автомобилей грузоподъемностью 10 т и выше возрастет в 44 раза!

Широкое развитие дизелестроения в нашей стране происходит в нарастающих темпах. Оснащение народного хозяйства и вооруженных сил дизельными машинами и другой новейшей техникой стали возможны благодаря проводимой партией и правительством линии на преимущественное развитие тяжелой индустрии.

«В деле развития тяжелой промышленности мы всегда следовали и будем следовать указаниям великого Ленина и верного продолжателя его дела И. В. Сталина. Линия на преимущественное развитие тяжелой индустрии, которую партия отстояла в ожесточенной борьбе с классовыми вра-

гами и их агентурой, оправдана всем ходом социалистического строительства в нашей стране. Она отвечает кореным интересам Советского государства и нашего народа.

Поэтому в экономической области Правительство будет и впредь твердо проводить генеральную линию Коммунистической партии, предусматривающую всемерное развитие тяжелой промышленности» (из речи Председателя Совета Министров Союза ССР тов. Булганина Н. А. на второй сессии Верховного Совета СССР четвертого созыва 9 февраля 1955 г.).

* * *

Настоящая брошюра имеет целью дать первоначальное представление об устройстве, работе и эксплуатации дизеля.

Брошюра предназначена для водителей автомобиля и трактора, т. е. предполагается, что читатели знают устройство карбюраторного двигателя. Поэтому в брошюре изложены главным образом особенности работы и устройства дизеля. Чтобы облегчить читателям усвоение материала, устройство и работа дизеля сопоставляются с уже известными читателю устройством и работой карбюраторного двигателя.

При описании устройства и работы дизеля и его отдельных механизмов говорится о различных физических и тепловых явлениях, которые при этом происходят. Учитывая, что читатель может быть незнаком с этими явлениями и с законами, которым они подчиняются, в первом разделе брошюры приведены основные сведения из механики и теплотехники.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ФИЗИКИ

При работе двигателя внутреннего сгорания в цилиндре происходят различные явления, связанные с изменением температуры и давления газов, наполняющих цилиндр, возникают усилия, действующие на детали двигателя. Чтобы ясно представить, как происходит рабочий процесс двигателя, как изменяется давление газов в цилиндре и почему одни усилия оказываются полезными и способствуют движению автомобиля, а другие — вредными и приводят к износу деталей или вызывают вибрацию двигателя, необходимо знать основные законы механики и теплотехники.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

Механика — это раздел физики, рассматривающий движение тел и силы.

Движение. Движения тел очень разнообразны. **Поступательным движением** тела называется такое движение, при котором всякая прямая, соединяющая две точки движущегося тела, перемещается параллельно самой себе. Если при этом все точки тела движутся по прямым линиям, то движение будет **прямолинейным**. Движение поршня в цилиндре является **возвратно-поступательным**. Движение тела вокруг своей оси (маховик, коленчатый вал двигателя) называется **вращательным**. В технике часто приходится иметь дело с **колебательным движением**. Примером колебательного движения может служить движение маятника. Иногда тело одновременно совершает несколько различных движений. Так, например, шатун совершает колебательное движение около поршневого пальца, его верхняя головка участвует в возвратно-поступательном движении вместе с поршнем, а нижняя головка вместе с шейкой коленчатого вала вращается.

Скорость и ускорение. Путь, пройденный телом, изме-

рется в единицах длины. Один и тот же путь может быть пройден телом в различное время. Это зависит от скорости тела. Скорость измеряется расстоянием, проходимым движущимся телом в единицу времени.

Движение, при котором скорость тела остается постоянной, называется **равномерным**. Движение, при котором скорость изменяется, называется **переменным**. Переменное движение может быть ускоренным или замедленным. Прирост скорости за одну секунду называется **ускорением**.

Скорость вращения определяется числом оборотов в минуту или секунду. Скорость, с которой движется какая-нибудь точка вращающегося тела, называется **окружной скоростью**. Чем дальше от оси вращения находится точка, тем больше ее окружная скорость при данном числе оборотов.

Силы. Силой называется такое действие тел друг на друга, при котором меняется скорость или форма тел. Силы имеют определенную величину и определенное направление. На чертеже они изображаются в виде стрелки (вектора). Длина стрелки в определенном масштабе изображает величину силы, а направление стрелки показывает, в каком направлении действует сила.

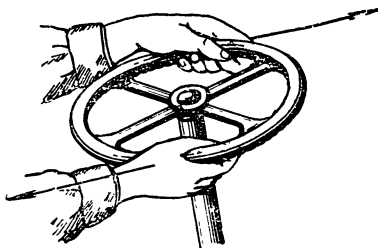


Рис. 8. Пара сил

Часто на одно тело действует одновременно несколько сил. В этих случаях тело или движется поступательно (как, например, двухмоторный самолет, на который одновременно действует сила двух двигателей), или вращается (как, например, рулевое колесо, на которое действуют две руки водителя). Можно подобрать такую силу, которая произведет на тело такое же действие, как и несколько сил. Такая результирующая сила называется **равнодействующей**.

Равнодействующая нескольких сил, направленных по одной прямой и в одну сторону, равна их сумме и направлена в ту же сторону. Равнодействующая двух параллельных сил, направленных в одну сторону, равна их сумме, приложена между ними и делит расстояние между силами на части, обратно пропорциональные этим силам. Две силы, равные и параллельные, но направленные в противоположные стороны, называются **парой сил**. Пара сил не имеет

равнодействующей: под действием пары сил тело будет вращаться (рис. 8). равнодействующая двух сил, направленных под углом друг к другу, равна диагонали параллелограмма, построенного на данных силах, как на сторонах (рис. 9).

На практике особенно часто приходится иметь дело с обратным явлением — с разложением сил. Разложение сил

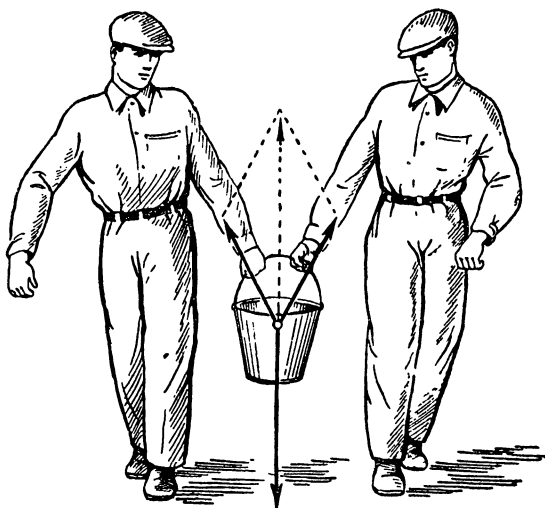


Рис. 9. Сложение сил. равнодействующая двух сил, направленных под углом друг к другу

происходит в тех случаях, когда одна сила, действующая на тело, разлагается на две или на несколько сил, параллельных или направленных под углом одна к другой. Разложение сил на составляющие, направленные под углом друг к другу, производится, как и сложение, по правилу параллелограмма. Действующая сила является диагональю, а составляющие силы — сторонами параллелограмма.

Пример разложения сил показан на рис. 10. Молоток ударяет по клину с силой P . Стороны клина давят на дерево (силы T) и стремятся расколоть его. Силы T направлены под прямым углом к сторонам клина и являются сторонами параллелограмма. Диагональю параллелограмма является сила P . Сила, с которой клин давит в стороны, зависит от угла заточки клина и может быть в несколько раз больше силы, с которой ударяют по клину.

Другим примером могут служить силы, действующие в кривошипном механизме двигателя (рис. 11). При наклонном положении шатуна сила давления газов P на поршень

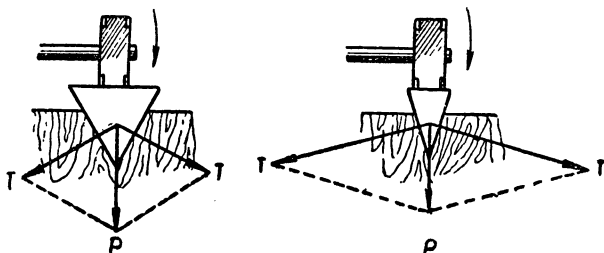


Рис. 10. Разложение сил

разлагается на две. Одна из этих сил $P_{ш}$ направлена вдоль шатуна и передается на коленчатый вал. Другая сила P_n действует перпендикулярно к стенке цилиндра. Таким образом, сила $P_{ш}$ является полезной, так как она способствует вращению коленчатого вала, а сила P_n — вредной, так как она вызывает трение поршня о стенки цилиндра и их износ.

Действие силы на тело зависит не только от ее величины и направления, но и от точки приложения. Если на тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси, действует сила, приложенная на некотором расстоянии от оси, то тело будет вращаться. Перпендикуляр, опущенный из оси вращения на направление действия силы, называется **плечом**. Произведение силы на плечо называется **моментом силы**. Момент, под действием которого тело вращается, называется **вращающим** или **крутящим моментом**.

Крутящий момент тем больше, чем больше плечо и сила, приложенная к данному телу.

Действие силы на тело не изменится, если точку приложения силы перенести по направлению силы в любую другую точку тела. Так, например, безразлично, рассматривать ли силу $P_{ш}$ приложенной к верхней или к нижней головке

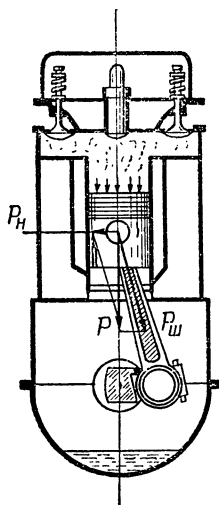


Рис. 11. Разложение сил давления газов, действующих на поршень

шатунa. Сила $P_{ш}$, приложенная к нижней головке шатуна, а значит, и к шейке коленчатого вала, связанной с шатуном, обуславливает возникновение крутящего момента, под влиянием которого и происходит вращение коленчатого вала (рис. 12).

Инерция. Из повседневного опыта известно, что неподвижное тело не может без постороннего воздействия начать двигаться. Чтобы привести неподвижное тело в движение, необходимо приложить к нему некоторую силу. Чтобы остановить движущееся тело или изменить направление его движения, на него также надо подействовать некоторой силой. Свойство тел сохранять состояние покоя или прямолинейного и равномерного движения называется **инерцией**.

Если на тело действует ничем не уравновешенная сила, то под ее воздействием тело будет двигаться ускоренно. Ускорение, приобретаемое телом под действием силы, тем больше, чем больше действующая сила и чем меньше масса¹ тела. Направление ускорения совпадает с направлением действующей силы.

Тело, движущееся по окружности, также подчиняется этим законам. В каждое мгновение тело стремится двигаться прямолинейно, т. е. по касательной к окружности. В связи с тем, что тело движется по окружности и, следовательно, непрерывно изменяет направление движения, можно сделать вывод о том, что на него действует какая-то сила. Такая сила действительно существует и называется **центростремительной**. Стремление тела двигаться по инерции прямолинейно проявляется в том, что тело, движущееся по окружности, действует с некоторой силой на те тела, которые отклоняют его от прямолинейного пути. Эта сила называется **центробежной**. Центробежная сила $P_{ц}$ (рис. 12) действует, например, на щеки коленчатого вала, на спицы маховика, натягивает веревку, к которой привя-

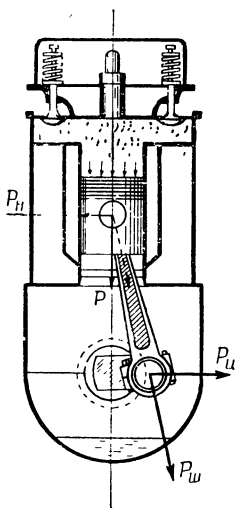


Рис. 12. Силы, действующие на шатунную шейку коленчатого вала

следовательно, непрерывно изменяет направление движения, можно сделать вывод о том, что на него действует какая-то сила. Такая сила действительно существует и называется **центростремительной**. Стремление тела двигаться по инерции прямолинейно проявляется в том, что тело, движущееся по окружности, действует с некоторой силой на те тела, которые отклоняют его от прямолинейного пути. Эта сила называется **центробежной**. Центробежная сила $P_{ц}$ (рис. 12) действует, например, на щеки коленчатого вала, на спицы маховика, натягивает веревку, к которой привя-

¹ Массой тела называется количество вещества, из которого состоит тело.

зан камень, совершающий движение по окружности, и т. п. Центробежная сила тем больше, чем больше масса и скорость тела, движущегося по окружности.

Колебания. В технике часто приходится иметь дело с приложением силы к упругому телу. В этом случае упругое тело начинает совершать колебательное движение. Если на упругое тело сила действовала непродолжительное время, а затем оно было предоставлено самому себе, то возникают колебания, называемые **свободными**. Свободные колебания под влиянием трения и других сопротивлений постепенно прекращаются — затухают. Если на упругое тело действует периодически изменяющаяся внешняя сила, то возникающие при этом колебания называются **вынужденными**. Так, например, после того как пловец, прыгая с трамплина, т. е. с доски, закрепленной одним концом, оттолкнется от доски, доска будет совершать свободные колебания. Эти колебания постепенно прекратятся. Если же пловец не спрыгнет с доски, а будет много раз подсакивать на ее свободном конце, то доска будет совершать уже вынужденные колебания.

Колебательное движение характеризуется периодом и частотой. Промежуток времени, в течение которого, например, маятник проходит от одного крайнего положения до другого и снова возвращается, называется **периодом колебания**. Число полных колебаний, совершаемых маятником в одну секунду, называется **частотой колебаний**. Наибольшее отклонение маятника от положения равновесия называется **амплитудой колебания**.

Наблюдения показали, что период колебания не зависит ни от массы маятника, ни от амплитуды колебаний, а зависит от длины маятника и от силы, которая служит причиной колебательного движения.

Каждая упругая деталь имеет вполне определенный период колебаний и, следовательно, вполне определенную частоту колебаний. Эта частота, свойственная данной упругой детали, называется **собственной частотой колебания**.

Частота вынужденных колебаний определяется еще внешней силой, прикладываемой к упругому телу, и зависит от характера изменений этой силы.

Если частота вынужденных колебаний совпадает с частотой собственных колебаний, то их величина может достичь очень большого значения. Совпадение частот собственных и вынужденных колебаний называется **резонансом**. Возникновение резонанса при работе машин, в том

числе и при работе дизеля, очень нежелательно и во многих случаях может привести к поломке его деталей.

Работа. Если сила перемещает тело, то говорят, что сила производит работу. Чем больше сила, передвигающая тело, и чем больше пройденный путь по направлению силы, тем больше и работа. Работа измеряется килограммометрами, т. е. произведением единицы силы на единицу пути. Один килограммометр равен той работе, которую нужно совершить, чтобы груз в один килограмм поднять на высоту в один метр.

Большое значение имеет не только то, какую работу может выполнить данная машина, но и то, за какое время эта работа будет совершена. Работа, выполненная в единицу времени, т. е. скорость работы, называется **мощностью**. Мощность измеряется килограммометрами в секунду. Для измерения мощности машин используется более крупная единица — лошадиная сила. Одна лошадиная сила — это мощность, при которой в 1 секунду совершается работа в 75 килограммометров.

Энергия. Способность тела производить работу называется **энергией**. Различают два вида энергии — энергию **потенциальную**, или энергию положения, и **кинетическую**, или энергию движения.

Примером потенциальной энергии может служить энергия тела, поднятого над землей. Падая, это тело совершит работу. Сжатая пружина также обладает потенциальной энергией, так как, разжимаясь, она совершит работу.

Примером кинетической энергии может служить энергия движущегося тела, тепловая энергия, энергия излучения.

Энергия измеряется в тех же единицах, что и работа.

Энергия одного вида может переходить в энергию другого вида. В природе энергия не возникает вновь и не уничтожается, она лишь передается от одних тел к другим или видоизменяется. В технике широко применяется преобразование какого-либо вида энергии в другой. Особенно часто преобразуются различные виды энергии в механическую. Машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую, называется **двигателем**. Машина, преобразующая тепловую энергию в механическую, называется **тепловым двигателем**. К числу тепловых двигателей относятся двигатели внутреннего сгорания и, в частности, дизели.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

Работа всех двигателей внутреннего сгорания основана на расширении газа при сгорании какого-либо горючего, например, дизельного топлива, бензина.

Состояние газа характеризуется объемом, давлением и температурой. Газы, как физические тела, не имеют ни постоянной формы, ни постоянного объема. Они принимают форму сосуда, в который заключены, легко сжимаются и расширяются.

Давление. Давлением газа называется сила, с которой газ давит на единицу поверхности сосуда. Нормальное атмосферное давление или давление воздуха на каждый квадратный сантиметр земной поверхности (на уровне моря) при нуле градусов равно давлению ртутного столба высотой 760 мм, или 1,033 кг/см².

В технике для измерения давления установлена техническая атмосфера, равная 1 кг/см² (давление водяного столба высотой 10 000 мм). Давление сверх атмосферного называется избыточным и измеряется манометром. Давление меньше атмосферного называется разрежением и измеряется вакуумметром.

Давление газа передается во все стороны равномерно. Если, например, при помощи поршня сжимать газ, заключенный в цилиндре, то на каждый квадратный сантиметр поверхности стенок цилиндра, его головки и поршня газ будет давить с одинаковой силой.

Температура. Температурой называется степень нагрева тела. Температура измеряется или по стоградусной шкале, или по абсолютной шкале. В первом случае нуль градусов соответствует точке замерзания воды, а 100 градусов — точке кипения воды при атмосферном давлении. По абсолютной шкале нуль градусов лежит ниже нуля градусов по стоградусной шкале на 273°.

Теплотворность. Количество тепла измеряется калориями. **Большой калорией** называется количество тепла, необходимое для нагревания 1 кг воды на 1° С. **Малой калорией** называется количество тепла, необходимое для нагревания 1 г воды на 1° С. Количество калорий тепла, которое необходимо затратить на нагревание 1 кг какого-нибудь вещества на 1° С, называется **удельной теплоемкостью** данного вещества. Количество калорий тепла, которое выделяет 1 кг горючего при полном сгорании, называется **теплотворностью** данного горючего. Различные сорта горю-

Чёго обладают разной теплотворностью. Так, теплотворность нефтяных горючих (бензин, дизельное топливо) равна 10 000—11 000 больших калорий.

Состояние газа. Величины, характеризующие состояние газа, связаны между собой и изменяются по следующим законам.

Во сколько раз при неизменной температуре увеличится давление на газ, во столько же раз уменьшится объем газа.

Во сколько раз при неизменном давлении увеличится при нагревании абсолютная температура газа, во столько же раз увеличится его объем.

Во сколько раз при неизменном объеме увеличится при нагревании абсолютная температура газа, во столько же раз увеличится давление газа.

При работе двигателя состояние газа, т. е. его объем, температура и давление, все время изменяется.

Процесс нагревания и расширения газа в двигателе внутреннего сгорания сопровождается отдачей механической работы, а процесс сжатия — затратой механической работы.

РАБОТА ДИЗЕЛЯ

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ

Во время работы двигателя внутреннего сгорания в его цилиндре происходят следующие четыре основных процесса: впуск, сжатие, рабочий ход (горение и расширение), выпуск отработавших газов. Совокупность этих основных процессов называется **рабочим циклом двигателя**. Рабочий цикл происходит в течение четырех или в течение двух ходов поршня (тактов). В первом случае двигателя называются **четырёхтактными**, во втором — **двухтактными**.

Дизель, как и карбюраторный двигатель, может работать и по четырёхтактному, и по двухтактному циклу. Однако работа дизеля имеет принципиальные отличия от работы карбюраторного двигателя.

Первая особенность дизеля заключается в том, что при впуске в цилиндр поступает не горючая смесь, а атмосферный воздух. Это позволяет значительно увеличить степень сжатия¹. Чем выше степень сжатия, тем быстрее и полнее сгорает рабочая смесь, тем большую мощность развивает двигатель и тем экономичнее он работает.

В карбюраторном двигателе чрезмерное сжатие рабочей смеси и слишком большое повышение температуры в камере сгорания создают условия, при которых рабочая смесь сгорает с детонацией², или воспламеняется преждевременно. В первом случае двигатель перегревается, мощность его падает, а основные детали быстро выходят из строя. Во втором случае нормальная работа двигателя вообще ста-

¹ Степенью сжатия называется отношение полного объема цилиндра (объем цилиндра над поршнем, находящимся в нижней мертвой точке) к объему камеры сгорания.

² Детонацией называется ненормальное сгорание с очень большой скоростью, сопровождаемое резкими увеличениями давления, повышением температуры и характерным стуком в двигателе.

новится невозможной. Поэтому в карбюраторных двигателях степень сжатия доводится только до определенного предела, примерно до 6—8, в зависимости от сорта применяемого горючего, быстроходности двигателя и его конструкции.

Цилиндры дизеля заполняются воздухом, а не горючей смесью, поэтому степень сжатия в этих двигателях может доводиться до 14—17. Благодаря этому современные дизели имеют более высокие экономические показатели, чем карбюраторные двигатели.

Вторая особенность дизеля заключается в том, что горючая смесь готовится в цилиндре двигателя непосредственно перед воспламенением.

В карбюраторном двигателе горючая смесь готовится вне цилиндров двигателя — в карбюраторе и впускном трубопроводе, засасывается в цилиндры и перед сгоранием сжимается до давления 7—12 $кг/см^2$. Таким образом, горючая смесь в карбюраторном двигателе готовится на протяжении двух тактов — впуска и сжатия. Температура смеси за это время повышается и даже та часть горючего, которая попадает в цилиндр в жидком виде, успевает испариться и перемешаться с воздухом. Эти условия обеспечивают быстрое воспламенение и сгорание рабочей смеси при зажигании.

В дизеле, в отличие от карбюраторного двигателя, на смесеобразование отведено очень мало времени. Горючее впрыскивается в цилиндр в жидком виде только в конце такта сжатия. Поэтому в дизеле приняты специальные меры для того, чтобы обеспечить очень быстрое и интенсивное перемешивание жидкого горючего с воздухом. Горючее впрыскивается в камеру сгорания через отверстия ничтожно малого диаметра (порядка 0,15 мм) под исключительно большим давлением (в некоторых дизелях под давлением 1400 $кг/см^2$). Это обеспечивает превращение жидкого горючего в мельчайшую пыль, которая пронизывает весь объем воздуха, сжатого в камере сгорания.

При высоких степенях сжатия, как 14—17, давление воздуха в цилиндре дизеля достигает 30—50 ат, вследствие чего температура воздуха повышается до 550—750° С. Горючее, введенное в среду воздуха, имеющего такую высокую температуру, воспламеняется. Надобность в системе зажигания отпадает, что является третьей особенностью дизеля.

Отсутствие системы зажигания является большим преимуществом дизеля перед карбюраторным двигателем, так

как значительное число неисправностей, с которыми приходится иметь дело при эксплуатации карбюраторного двигателя, происходит в приборах системы зажигания.

Для того чтобы легче усвоить, чем отличается работа дизеля от работы карбюраторного двигателя, сопоставим процессы, происходящие в карбюраторном двигателе, с процессами, происходящими в дизеле (табл. 1).

Таблица 1

| Название такта | В карбюраторном двигателе | В дизеле |
|----------------|--|--|
| Впуск | Цилиндр заполняется горючей смесью, которая готовится в карбюраторе и впускном трубопроводе из распыленного бензина и воздуха | Цилиндр заполняется атмосферным воздухом |
| Сжатие | Рабочая смесь сжимается до давления 7—12 кг/см ² . Происходит ее нагревание до 350—400°С, окончательное испарение горючего и его перемешивание с воздухом | Воздух сжимается до давления 30—50 кг/см ² . Происходит его нагревание до 550—750°С |
| Рабочий ход | Рабочая смесь поджигается электрической искрой и воспламеняется. Температура и давление газов в цилиндре резко возрастают. Под давлением газов поршень опускается | В камеру сгорания впрыскивается жидкое горючее. При впрыске горючее распыливается, перемешивается с воздухом и вследствие высокой температуры воспламеняется. Температура и давление газов в цилиндре резко возрастают. Под давлением газов поршень опускается |
| Выпуск | Цилиндр очищается от отработавших газов | Цилиндр очищается от отработавших газов |

РАБОТА ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ

Впуск

При движении поршня от верхней мертвой точки вниз в цилиндре образуется разрежение. Клапан, закрывающий впускное отверстие цилиндра, в течение этого такта открыт

(рис. 13, а), и наружный воздух по впускному трубопроводу поступает в цилиндр. Цилиндр заполняется воздухом до тех пор, пока поршень не придет в нижнюю мертвую точку и пока не закроется впускной клапан. Этот такт называется **впуском**.

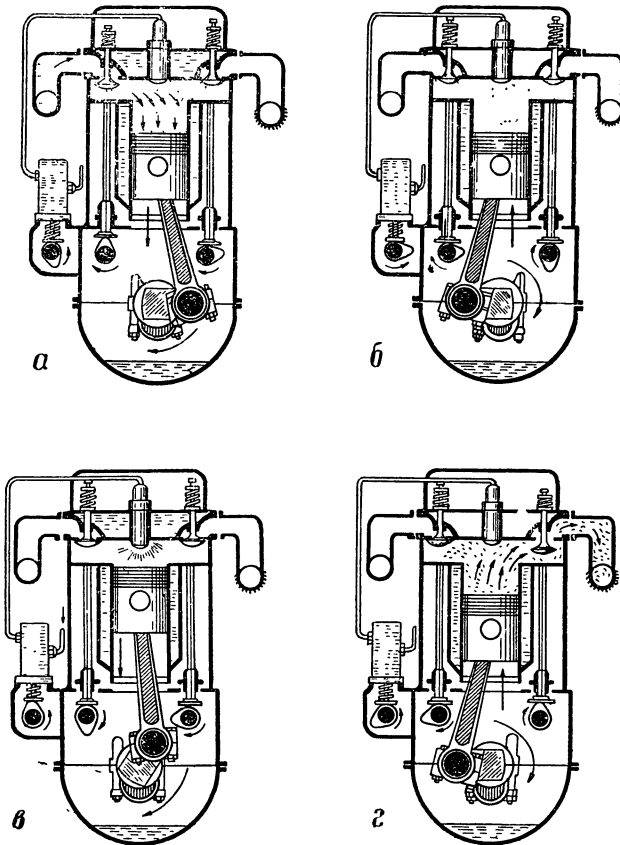


Рис. 13. Схема работы четырехтактного дизеля:
а — впуск; *б* — сжатие; *в* — рабочий ход; *г* — выпуск

Воздухоочиститель, впускной трубопровод и впускное отверстие, через которые воздух поступает в цилиндр, затрудняют свободное движение воздуха. Это объясняется трением воздуха о стенки впускной системы, а также наличием поворотов, сужений и расширений в системе. Кроме

того, движение поршня происходит неравномерно. От верхней мертвой точки поршень движется вниз с большим ускорением, и воздух не успевает заполнять объем цилиндра над поршнем.

Вследствие сопротивления впускной системы и инерции движущегося по ней воздуха давление в цилиндре над поршнем во время впуска ниже атмосферного. С увеличением числа оборотов возрастает скорость движения воздуха, а следовательно, возрастает и сопротивление впускной системы и инерция воздуха. Поэтому давление в цилиндре будет тем ниже, чем большее число оборотов развивает двигатель.

К моменту прихода поршня в нижнюю мертвую точку давление в цилиндре ниже атмосферного, а воздух во впускной системе продолжает еще двигаться с большой скоростью. Если в этот момент не закрыть впускной клапан, то воздух будет поступать в цилиндр, хотя объем цилиндра уже не будет увеличиваться, а поршень, поднимаясь, начнет даже сокращать его. Для того чтобы в цилиндр можно было ввести больше воздуха, впускной клапан закрывается не в момент нахождения поршня в нижней мертвой точке, а значительно позже, когда полностью используется разрежение в цилиндре и инерция воздуха во впускной системе. Запаздывание закрытия клапана зависит от скорости вращения коленчатого вала, размеров клапана, устройства впускной системы и других причин. У разных двигателей запаздывание закрытия клапана бывает различным. Его величина колеблется в пределах $15\text{--}45^\circ$ поворота коленчатого вала.

Для того чтобы еще больше увеличить наполнение цилиндра воздухом, впускной клапан открывается раньше подхода поршня к верхней мертвой точке.

Когда впускной клапан только начинает открываться, то первое время образующееся проходное сечение настолько мало, что через него может пройти очень незначительное количество воздуха. Поэтому клапан открывается заблаговременно с таким расчетом, чтобы к моменту, когда разрежение в цилиндре достигнет величины, необходимой для преодоления воздухом сопротивления впускной системы, проходное сечение было уже достаточно большим.

Величина опережения открытия впускного клапана зависит от быстроходности двигателя, размеров и устройства впускной системы и находится в пределах $0\text{--}20^\circ$ поворота коленчатого вала.

Несмотря на то, что время, в течение которого открыт впускной клапан, больше, чем время, в течение которого совершается ход поршня, в цилиндр при впуске поступает все же меньшее количество воздуха, чем может поместиться в полном объеме цилиндра. Отношение веса воздуха, фактически поступившего в цилиндр в течение впуска, к весу воздуха, который мог бы заполнить рабочий объем цилиндра при температуре и давлении окружающей среды, называется **коэффициентом наполнения**.

Величина коэффициента наполнения меньше единицы и зависит от конструкции впускной системы, моментов открытия и закрытия клапанов и числа оборотов коленчатого вала. Средние значения коэффициента наполнения современных дизелей составляют 0,75—0,85. В двигателях с наддувом, где воздух во время впуска нагнетается в цилиндр, величина коэффициента наполнения выше.

Сжатие

В течение второго полуоборота коленчатого вала поршень движется от нижней мертвой точки вверх (рис. 13, б). Оба клапана во время этого такта закрыты, воздух в цилиндре сжимается и вытесняется в камеру сгорания. Этот такт продолжается до тех пор, пока поршень не достигнет верхней мертвой точки, и называется **сжатием**.

Объем воздуха, находящегося в цилиндре при сжатии, уменьшается в 14—17 раз, вследствие чего давление и температура воздуха сильно возрастают.

Рабочий ход

Когда поршень подходит к верхней мертвой точке, в цилиндр под большим давлением (до 1400 кг/см^2) через форсунку впрыскивается горючее. Горючее распыливается форсункой по камере сгорания и, попадая в сильно сжатый и нагретый воздух, воспламеняется (рис. 13, в)..

Горючее, впрыскиваемое через форсунку в цилиндр, воспламеняется не сразу в момент его соприкосновения с горячим воздухом. С момента попадания горючего в цилиндр и до его воспламенения проходит некоторый промежуток времени, в течение которого происходит нагревание горючего, его испарение и протекают связанные с этим химические реакции. Этот промежуток времени называется **периодом задержки воспламенения**.

Двигатель развивает наибольшую мощность в том случае, когда сгорание горючего происходит при положении

поршня вблизи верхней мертвой точки, т. е. когда рабочая смесь занимает наименьший объем. Время, в течение которого впрыскивается горючее, а также период задержки воспламенения очень малы, но все же за этот промежуток времени коленчатый вал поворачивается на 15—30°. Поэтому впрыск горючего в цилиндр производится не тогда, когда поршень находится в верхней мертвой точке, а несколько раньше. Угол, который составляет колено вала с осью цилиндра в момент начала впрыска горючего, называется **углом опережения впрыска**.

Условия воспламенения горючего и период задержки зависят от температуры воздуха в конце сжатия, качества и свойств горючего, числа оборотов коленчатого вала и ряда других факторов, меняющихся при различных режимах работы двигателя. Поэтому для обеспечения наивыгоднейшей работы двигателя часто предусматривается устройство, позволяющее изменять угол опережения впрыска вручную или автоматически.

Величина периода задержки воспламенения и правильный подбор угла опережения впрыска значительно влияют на мощность и экономические показатели двигателя и определяют жесткость его работы.

Температура в цилиндре при сгорании достигает 1700—2000° С, вследствие чего давление газов возрастает до 60—80 кг/см^2 . Под действием давления газов поршень опускается и посредством шатуна поворачивает коленчатый вал. Во время этого такта уже не нужно затрачивать работу на поворачивание коленчатого вала, как в двух предыдущих, так как работа происходит за счет расширения продуктов сгорания. Поэтому третий такт называется **рабочим тактом**.

При движении поршня к нижней мертвой точке происходит расширение сгоревших газов. К концу хода поршня давление в цилиндре падает до 4—5 кг/см^2 , а температура понижается до 1100—1300° С.

Выпуск

В конце рабочего такта открывается выпускной клапан и отработавшие газы выходят из цилиндра через выпускную систему в атмосферу.

Выпускная система состоит из выпускного отверстия, закрываемого клапаном, трубопровода и глушителя. Отработавшие газы движутся по выпускной системе с большой скоростью, вследствие чего она (подобно впускной системе)

оказывает проходящим газам сопротивление и препятствует полной очистке цилиндра от отработавших газов. Чем больше скорость движения газа, тем больше сопротивление выпускной системы.

Для лучшей очистки цилиндра от отработавших газов увеличивается время, в течение которого происходит выпуск. Для этого выпускной клапан открывается не тогда, когда поршень приходит в нижнюю мертвую точку, а раньше — с опережением на $40\text{--}60^\circ$ поворота коленчатого вала. Открытие выпускного клапана начинается, таким образом, еще во время рабочего хода. Поршень к этому моменту проходит уже значительную часть своего пути, и давление в цилиндре падает, как указывалось, до $4\text{--}5 \text{ кг/см}^2$. Этого давления достаточно для того, чтобы отработавшие газы начали быстро выходить в атмосферу, преодолевая сопротивление выпускной системы. Поэтому к приходу поршня в нижнюю мертвую точку значительная часть газов из цилиндра уже выйдет и давление в цилиндре будет равно $1,5\text{--}2,0 \text{ кг/см}^2$. При таком давлении поршень, поднимаясь, не встречает большого сопротивления и легко выталкивает оставшиеся в цилиндре газы наружу. Этот такт называется **выпуском** (рис. 13, з).

Когда поршень приходит в верхнюю мертвую точку, отработавшие газы остаются лишь в камере сгорания. Очистка ее происходит только частично за счет инерции массы газов, заполняющих выпускную систему. Для того чтобы использовать инерцию массы газов, закрытие выпускного клапана производится не в момент нахождения поршня в верхней мертвой точке, а на $5\text{--}30^\circ$ после, т. е. с запаздыванием.

Как уже указывалось, впускной клапан начинает открываться до того, как поршень придет в верхнюю мертвую точку. Следовательно, в течение некоторого времени впускной и выпускной клапаны открыты одновременно. Происходит так называемое **перекрытие клапанов**. Перекрытие клапанов обеспечивает выталкивание отработавших газов из камеры сгорания и подсосывание воздуха через открывающийся впускной клапан. Таким образом, перекрытие клапанов позволяет уменьшить количество и давление отработавших газов в цилиндре к началу впуска.

Очистка цилиндра от отработавших газов продолжается на протяжении $230\text{--}250^\circ$ поворота коленчатого вала. Полной очистки цилиндра от отработавших газов при работе двигателя все же не происходит, и поступающий при впуске

Свежий воздух перемешивается с продуктами сгорания, оставшимися в цилиндре от предыдущего цикла. Степень загрязненности поступившего воздуха отработавшими газами характеризуется **коэффициентом остаточных газов**. Коэффициентом остаточных газов называется отношение количества оставшихся в цилиндре отработавших газов к количеству воздуха, поступившего при впуске.

Процессы, происходящие в цилиндре четырехтактного дизеля, показаны в табл. 2.

Таблица 2

| Такт | Название такта | Направление движения поршня | Положение клапанов | | Процессы, происходящие в цилиндре |
|------|----------------|-----------------------------|--------------------|------------|--|
| | | | впускного | выпускного | |
| 1 | Впуск | Вниз | Открыт | Закрыт | Атмосферный воздух через впускной клапан заполняет цилиндр |
| 2 | Сжатие | Вверх | Закрыт | Закрыт | Воздух сжимается в цилиндре, вследствие чего температура воздуха повышается |
| 3 | Рабочий ход | Вниз | Закрыт | Закрыт | Через форсунку впрыскивается горючее, происходит его воспламенение. Температура в цилиндре резко возрастает, давление увеличивается, под влиянием чего поршень опускается и совершает работу |
| 4 | Выпуск | Вверх | Закрыт | Открыт | Отработавшие газы через выпускной клапан выходят наружу |

Наполнение цилиндра, полнота очистки его от отработавших газов, а следовательно, и мощность двигателя и его экономичность в большой степени зависят от моментов открытия и закрытия клапанов. Углы отклонения коленчатого вала от положений, соответствующих положениям поршня в верхней или в нижней мертвых точках, при которых начинается открытие или закрытие клапанов, называются **фазами газораспределения** (рис. 14).

Фазы газораспределения у разных двигателей различны и зависят главным образом от их быстроходности. У тихо-

ходных двигателей фазы газораспределения обычно меньше, у быстроходных — больше. Фазы газораспределения некоторых тракторных дизелей приведены в табл. 3.

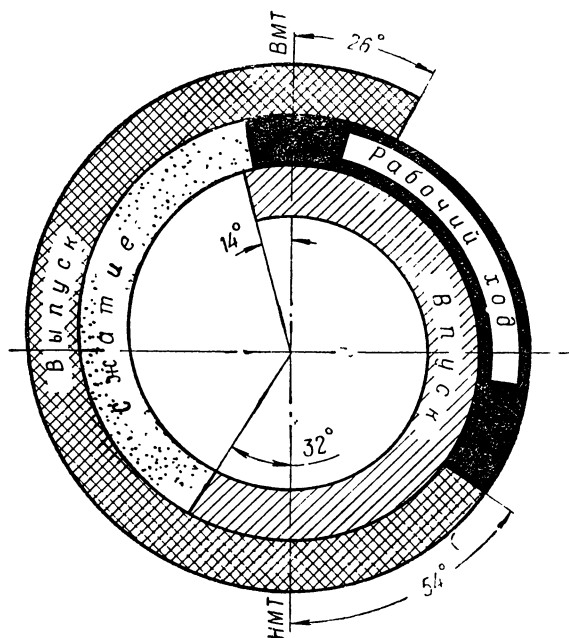


Рис. 14. Фазы газораспределения четырехтактного дизеля КДМ-46

Таблица 3

| Марка трактора | Марка двигателя | Число оборотов в минуту | Впускной клапан | | | Выпускной клапан | | | Перекрытие клапанов |
|----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|----------------------------|---------------------|
| | | | открытие | закрытие | продолжительность открытия | открытие | закрытие | продолжительность открытия | |
| КД-35 | Д-35 | 1400 | 10° до ВМТ | 16° после НМТ | 236° | 56° до НМТ | 10° после ВМТ | 246° | 20° |
| ДТ-54 | Д-54 | 1300 | 8° до ВМТ | 22° после НМТ | 210° | 46° до НМТ | 14° после ВМТ | 240° | 22° |
| С-80 | КДМ-46 | 1000 | 14° до ВМТ | 32° после НМТ | 226° | 54° до НМТ | 26° после ВМТ | 260° | 40° |

РАБОТА ДВУХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ

В двухтактном двигателе рабочий процесс протекает на протяжении только двух ходов поршня, а не четырех.

Впуск воздуха и выпуск отработавших газов в двухтактных двигателях происходит через специальные окна, расположенные в стенках цилиндра и перекрываемые поршнем при его движении вверх и вниз. В конце рабочего хода, когда поршень движется вниз, открывается выпускное окно и отработавшие газы выходят из цилиндра. При дальнейшем движении поршня вниз открывается также и впускное окно, через которое начинает поступать наружный воздух. Для того чтобы воздух быстро заполнил цилиндр и вытеснил остатки отработавших газов, его подают под давлением. С этой целью на двигателе ставится специальный нагнетатель — так называемый продувочный насос. Продувочный насос подает воздух в таком количестве, что он не только заполняет цилиндр, но и частично выходит из выпускного окна — продувает цилиндр.

Пройдя нижнюю мертвую точку, поршень перекрывает впускное и выпускное окна и при дальнейшем движении вверх сжимает находящийся в цилиндре воздух. Когда поршень находится около верхней мертвой точки, в камеру сгорания впрыскивается горючее и происходит его воспламенение.

В двухтактном дизеле ЯАЗ-204 впуск воздуха происходит через продувочные отверстия *б* (рис. 15, *а*) в стенках цилиндров. Воздух под давлением 1,5 ат подается продувочным насосом *5* через воздушную камеру *2*, окружающую цилиндр *3*. Выпуск отработавших газов в этом дизеле осуществляется не через окна, а через выпускные клапаны *1*. Вследствие этого двигатели такого типа получили название дизелей с клапанно-щелевой продувкой. Когда поршень *4* находится около нижней мертвой точки, выпускной клапан *1* открыт и цилиндр продувается. При движении поршня вверх он перекрывает продувочные отверстия *б*. Одновременно закрывается выпускной клапан, и происходит сжатие воздуха над поршнем (рис. 15, *б*).

Когда поршень находится около верхней мертвой точки, в цилиндр через форсунку *7* впрыскивается горючее (рис. 15, *в*). Благодаря высокой температуре сжатого воздуха горючее воспламеняется и сгорает. Температура и давление газов в цилиндре возрастают, поршень движется вниз и совершает работу. Происходит рабочий ход. К концу

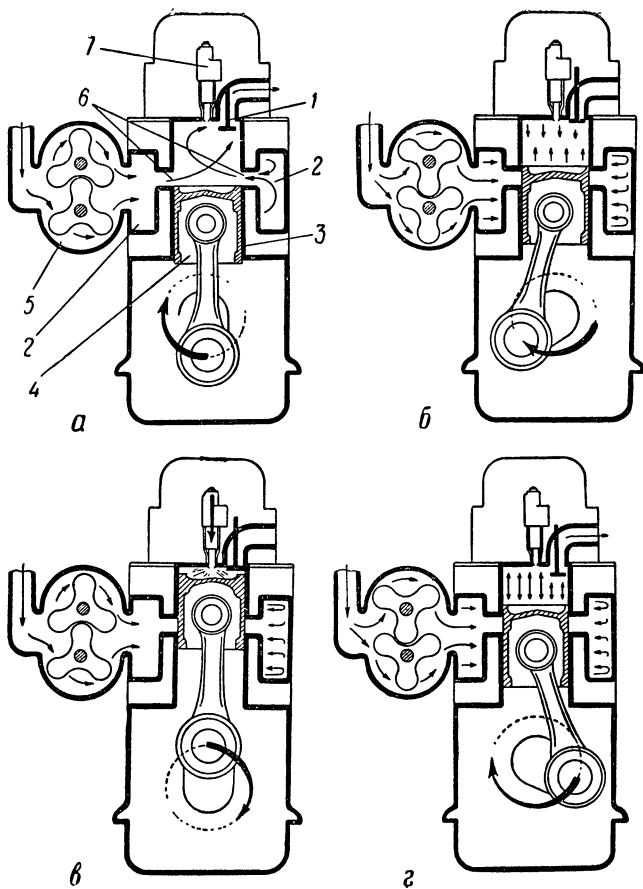


Рис. 15. Схема работы двухтактного дизеля:

1 — выпускной клапан; 2 — воздушная камера; 3 — цилиндр; 4 — поршень; 5 — продувочный насос; 6 — продувочные отверстия; 7 — форсунка

рабочего хода открывается выпускной клапан, и начинается выпуск отработавших газов (рис. 15, *з*). Когда поршень приближается к нижней мертвой точке, он открывает продувочные отверстия. К этому моменту часть отработавших газов уже успевает выйти из цилиндра через выпускной клапан, давление в цилиндре понижается и начинается продувка цилиндра воздухом. Продувка цилиндра продолжается и при последующем движении поршня вверх (рис. 15, *а*).

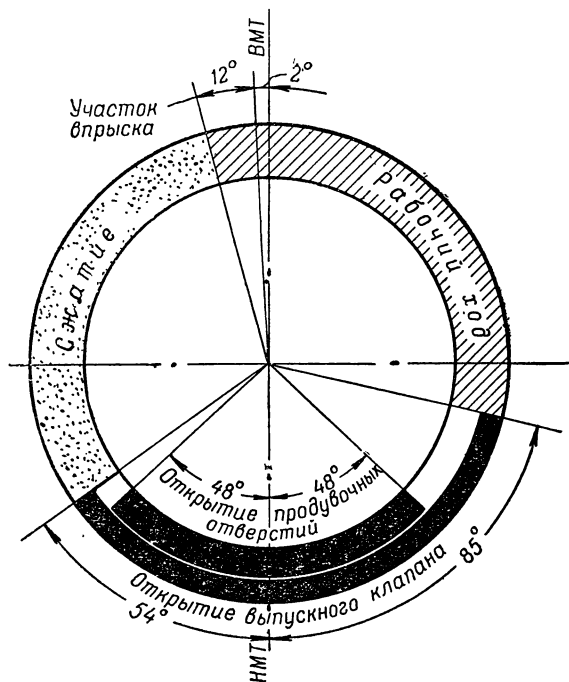


Рис. 16. Фазы газораспределения двухтактного дизеля ЯАЗ-204

Из графика фаз газораспределения дизеля ЯАЗ-204 (рис. 16) видно, что выпускной клапан открывается с большим опережением и не закрывается в течение всего времени, пока открыты продувочные отверстия. При продувке вместе с отработавшими газами в атмосферу выходит и часть продувочного воздуха, а к концу продувки через выпускной клапан выходит почти чистый воздух. Это обеспечивает хорошую очистку цилиндра от отработавших газов.

Процессы, происходящие в цилиндре двухтактного дизеля, показаны в табл. 4.

Таблица 4

| Такт | Движение поршня | Направление движения поршня | Продувочные отверстия | Выпускной клапан | Процессы, происходящие в цилиндре |
|------|--|-----------------------------|----------------------------|------------------|--|
| 1 | От нижней мертвой точки до закрытия продувочных отверстий | Вверх | Открыты | Открыт | Продувочный насос продувает цилиндр свежим воздухом и очищает его от отработавших газов |
| | От закрытия продувочных отверстий до верхней мертвой точки | | Закрываются | Закрывается | Воздух сжимается в цилиндре, вследствие чего температура воздуха повышается |
| 2 | От верхней мертвой точки до открытия выпускного клапана | Вниз | Закрываются | Закрывается | Через форсунку впрыскивается горючее, происходит его воспламенение. Температура в цилиндре резко возрастает, давление увеличивается, под влиянием чего поршень опускается и совершает работу |
| | От открытия выпускного клапана до нижней мертвой точки | | Закрываются Открываются | Открывается | Отработавшие газы через выпускной клапан выходят наружу Продувочный насос продувает цилиндр свежим воздухом |

СРАВНЕНИЕ ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО И ДВУХТАКТНОГО ДИЗЕЛЕЙ

Важнейшим преимуществом двухтактного дизеля является то, что рабочий ход в нем происходит при каждом обороте коленчатого вала, а не через оборот, как в четырехтактном дизеле. Благодаря этому двухтактный дизель, имеющий такие же основные размеры и такое же число оборотов в минуту, как и четырехтактный, развивает примерно в полтора раза большую мощность. Иными словами, двухтактный дизель, развивающий такую же мощность, как четырехтактный, имеет меньшие размеры и вес.

Другим, весьма важным преимуществом двухтактного дизеля является то, что работа его протекает более равномерно, чем работа четырехтактного дизеля. Это также обусловлено более частым чередованием рабочих ходов.

Наряду с этим двухтактные дизели имеют некоторые недостатки.

Основным недостатком двухтактного дизеля является необходимость применения продувочного насоса. Продувочный насос усложняет и утяжеляет конструкцию двигателя и требует ухода; на вращение продувочного насоса затрачивается часть мощности двигателя. Детали кривошипного механизма двухтактного дизеля работают в более тяжелых условиях, чем четырехтактного. То, что рабочий ход происходит при каждом обороте коленчатого вала, обуславливает большую температурную напряженность поршня, стенок и головки цилиндра и неблагоприятно отражается на работе поршневых колец.

СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ

Одноцилиндровый двигатель

Во время работы двигателя на детали его кривошипного механизма действуют различные силы, изменяющиеся по величине и по направлению. Одни из этих сил полезны и обуславливают работу двигателя, другие вредны и мешают работе двигателя, вызывают его сотрясение и вибрацию всей машины.

К полезным силам относится давление газов в цилиндре при сгорании рабочей смеси. Под влиянием этих сил происходит движение поршня и вращение коленчатого вала двигателя.

К вредным силам относится большинство сил инерции, действующих на различные детали двигателя, и силы трения. При работе двигателя поршень меняет направление

своего движения и движется неравномерно. Как известно, при движении какого-либо тела с ускорением (или замедлением) возникают силы инерции, направленные в сторону, противоположную ускорению (или замедлению). В колене вала и связанных с ним вращающихся деталях возникают центробежные силы.

Силы инерции тем больше, чем больше ускорение и вес движущихся деталей. Современные автомобильные и тракторные дизели развивают 2000 и даже 3000 оборотов в минуту. При этом поршень меняет направление своего движения 70—100 раз в секунду и движется с очень большими ускорениями. Вес деталей дизеля также сравнительно велик. Детали дизеля делаются более массивными и прочными, чем детали карбюраторного двигателя, так как давление газов в цилиндре дизеля значительно выше. Таким образом, величина массы и ускорения деталей дизеля достигает большого значения, вследствие чего в них возникают силы инерции и центробежные силы большой величины.

Особенно неблагоприятным является то, что указанные силы при работе двигателя изменяются по величине и направлению. Это вызывает вибрацию всего двигателя и отрицательно отражается на работе и износе его деталей. Кроме того, при работе двигателя больших значений достигают силы трения.

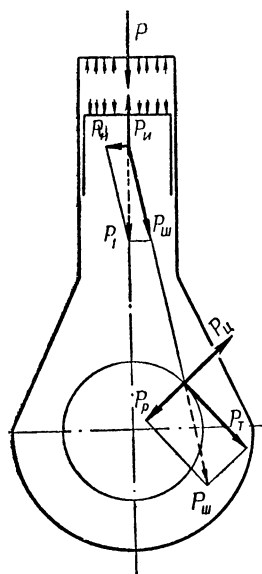


Рис. 17. Схема сил, действующих в двигателе

Ниже перечислены силы (рис. 17), действующие при работе двигателя (кроме сил трения).

Сила P давления газов на поршень. Эта сила направлена по оси цилиндра и тем больше, чем выше давление в камере сгорания и больше площадь поршня.

Давление газов передается равномерно во все стороны. С какой силой газы давят на поршень, с такой же силой газы давят и на головку цилиндра. Поэтому сила P , действующая на поршень, уравнивается равной и противоположной ей по направлению силой давления на головку цилиндров. Как указывалось, равнодействующая двух рав-

ных и противоположно направленных по одной прямой сил равна нулю. Поэтому сила P на раму автомобиля или трактора не передается, а воспринимается шпильками, соединяющими головку цилиндра с блоком.

Сила $P_{\text{и}}$ инерции поступательно движущихся деталей (поршень, поршневой палец, поршневые кольца, верхняя часть шатуна). Эта сила тем больше, чем большее число оборотов развивает двигатель и чем больше вес неравномерно движущихся деталей. Сила $P_{\text{и}}$ направлена по оси цилиндра в сторону, обратную ускорению деталей, не уравнивается другими силами и передается на раму автомобиля или трактора.

Центробежная сила $P_{\text{ц}}$ вращающихся деталей (колено вала и нижняя часть шатуна). Эта сила тем больше, чем быстрее вращается двигатель, чем больше вес вращающихся деталей и радиус кривошипа. Сила $P_{\text{ц}}$ направлена по кривошипу, не уравнивается другими силами и передается на раму автомобиля или трактора.

Таким образом, во время работы двигателя на поршень действуют давление газов P и инерция поступательно движущихся деталей $P_{\text{и}}$, образующие суммарную силу P_1 . Величина и направление этих сил все время меняются. Давление газов зависит от количества и качества рабочей смеси, находящейся в цилиндре. Силы инерции определяются числом оборотов коленчатого вала и положением кривошипного механизма в данный момент.

При передаче от поршня к шатуну сила P_1 раскладывается на две силы: силу $P_{\text{ш}}$, направленную по шатуну, и силу $P_{\text{н}}$, направленную перпендикулярно к стенке цилиндра. Если перенести силу $P_{\text{ш}}$ по направлению ее действия, т. е. по шатуну, то она также может быть разложена на две силы: силу $P_{\text{т}}$, которая действует перпендикулярно к колену вала и вращает коленчатый вал, и силу $P_{\text{р}}$, направленную по радиусу к коренным подшипникам. Под влиянием силы $P_{\text{т}}$ на коленчатом валу возникает крутящий момент, используемый для совершения полезной работы. Сила $P_{\text{н}}$ через боковую поверхность поршня передается на стенки цилиндра и стремится опрокинуть двигатель. Под ее влиянием возникает так называемый реактивный момент двигателя, направленный в сторону, противоположную вращению коленчатого вала, и по величине равный крутящему моменту двигателя.

Давление газов в цилиндре и ускорение поршня при работе двигателя непрерывно изменяются, поэтому крутящий

момент и силы инерции все время меняются по величине и направлению. Реактивный момент также непрерывно изменяется. Это обуславливает износ подшипников и стенок цилиндра, а также работу двигателя с вибрацией и сотрясениями.

Многоцилиндровый двигатель

Многоцилиндровые двигатели работают более равномерно, чем одноцилиндровые, а вибраций и сотрясений, которые передаются на раму машины, у них значительно меньше. Равномерная работа многоцилиндрового двигателя обеспечивается тем, что на каждые два оборота коленчатого вала приходится несколько рабочих ходов, следующих один за другим через равные промежутки времени. Уменьшение же вибраций и сотрясений достигается взаимным уравниванием развивающихся во время работы сил инерции.

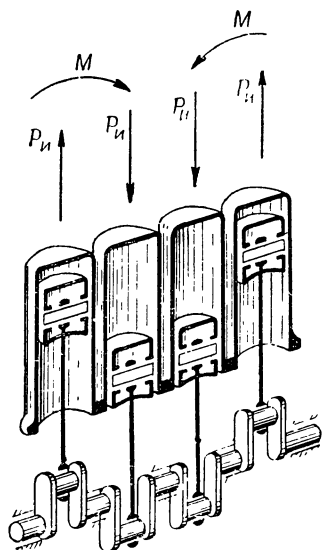


Рис. 18. Схема сил и моментов сил инерции, действующих в многоцилиндровом двигателе

Однако полной плавности в работе двигателя, несмотря на большое число цилиндров и взаимоуравнивание, достигнуть все же не удастся. Объясняется это следующим.

Во-первых, величина крутящего момента не постоянна и изменяется на протяжении одного рабочего хода в соответствии с величиной давления газов над поршнем.

Во-вторых, силы инерции поступательно движущихся и вращающихся деталей кривошипных механизмов различных цилиндров хотя и направлены в противоположные стороны, но действуют не на одной прямой, а приложены в разных местах по длине двигателя (рис. 18). Вследствие этого возникают так называемые моменты сил инерции M , изгибающие коленчатый вал. Так как величина и направление сил инерции все время меняются, то и моменты сил инерции переменны по величине и по направлению и передаются на раму автомобиля или трактора.

В-третьих, реактивный момент двигателя непрерывно меняется по величине в соответствии с давлением газов, силами инерции и положением кривошипного механизма и передается на раму автомобиля или трактора.

Уравновешивание двигателя

Для обеспечения равномерной и уравновешенной работы двигателя применяются меры, уменьшающие или полностью устраняющие воздействие непостоянных сил.

Равномерная работа двигателя обеспечивается установкой на коленчатом валу тяжелого маховика. Благодаря

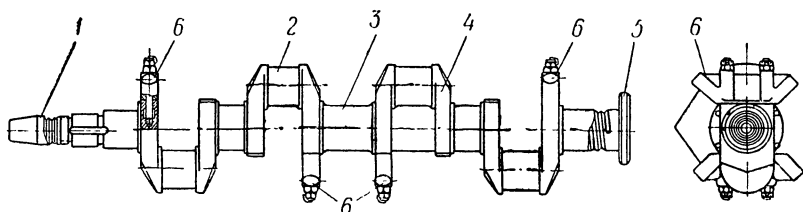


Рис. 19. Коленчатый вал дизеля КДМ-46:

1 — носок вала; 2 — шатунная шейка; 3 — коренная шейка; 4 — щека вала; 5 — фланец; 6 — противовесы

большому весу вращающихся деталей (коленчатый вал, маховик) требуются значительные усилия для того, чтобы преодолеть их инерцию и изменить скорость вращения.

Уравновешивание сил инерции достигается применением противовесов на коленчатом валу или специальных уравновешивающих устройств. Противовесы или отштамповываются вместе с коленчатым валом (Д-35), или крепятся к щекам вала на болтах или шпильках (ЯАЗ-204, КДМ-46).

Коленчатый вал двигателя КДМ-46 с противовесами показан на рис. 19.

Противовесы на коленчатом валу полностью уравновешивают только силы инерции вращающихся деталей. Силы инерции поступательно движущихся деталей они уравновешивают только частично.

На современных многоцилиндровых двигателях применяется такое расположение деталей кривошипных механизмов различных цилиндров, при котором возникающие во время работы силы инерции действуют навстречу друг другу и вследствие этого взаимно уравновешиваются. Коленча-

тому валу для обеспечения этого придается зеркально-симметричная форма¹.

Применение зеркально-симметричного коленчатого вала не всегда возможно. В двухтактном дизеле для обеспечения равномерного чередования рабочих ходов приходится применять коленчатые валы такой конструкции, которая не обеспечивает взаимного уравновешивания моментов сил инерции. Примером может служить коленчатый вал двигателя ЯАЗ-204 (рис. 20). Первый и четвертый кривошипы

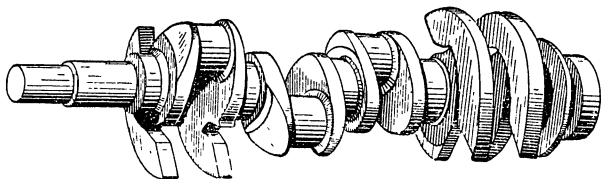


Рис. 20. Коленчатый вал дизеля ЯАЗ-204

этого вала расположены под углом 180° один к другому и под углом 90° ко второму и третьему кривошипам. Последние также расположены под углом 180° один к другому.

Для уравновешивания моментов сил инерции поступательно движущихся частей в двигателе ЯАЗ-204 предусмотрено специальное уравновешивающее устройство (рис. 21). Симметрично коленчатому валу 9 расположены распределительный 5 и уравновешивающий 6 валы, приводимые во вращение от шестерни 1 коленчатого вала через промежуточную шестерню 2. Шестерни 3 и 4 уравновешивающего и распределительного валов изготовлены так, что большая часть металла в каждой из них сосредоточена по одну сторону от оси вращения. Вследствие этого при вращении шестерен возникают центробежные неуравновешенные силы $P_{ш1}$ и $P_{ш2}$. На концах распределительного и уравновешивающего валов (противоположных шестерням) установлены грузы 7 и 8. Центробежные силы $P_{г1}$ и $P_{г2}$, возникающие при вращении грузов, направлены в стороны, противоположные силам $P_{ш1}$ и $P_{ш2}$. Центробежные силы складываются: $P_{ш1}$ с $P_{ш2}$, образуя силу $P_{ш}$, и $P_{г1}$ с $P_{г2}$, образуя силу $P_{г}$. Силы $P_{ш}$ и $P_{г}$ направлены в противо-

¹ Зеркально-симметричным называется такой коленчатый вал, в котором колена расположены одинаково по обе стороны от перпендикулярной плоскости, делящей его пополам. Коленчатый вал, например, двигателя КДМ-46, является зеркально-симметричным.

положные стороны и образуют момент M_y , равный по величине, но противоположный по направлению моменту сил инерции M_x поступательно движущихся масс кривошипных механизмов всех четырех цилиндров. Такое устройство обеспечивает хорошее уравновешивание двигателя.

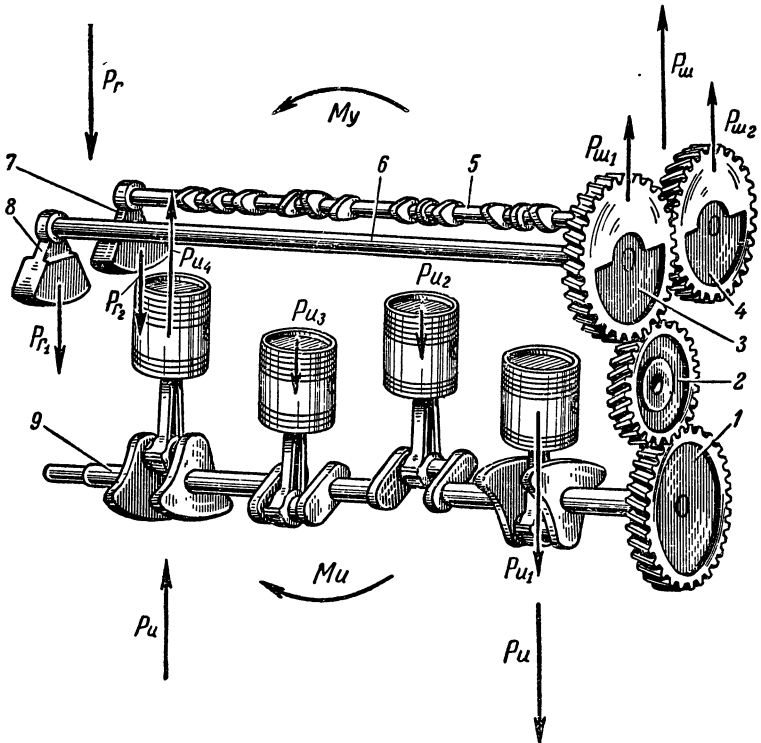


Рис. 21. Уравновешивающее устройство дизеля ЯАЗ-204:
1, 2, 3 и 4 — шестерни; 5 — распределительный вал; 6 — уравновешивающий вал;
7, 8 — грузы; 9 — коленчатый вал

Крутильные колебания

Изменение давления газов в цилиндре и сил инерции поступательно движущихся деталей обуславливает непрерывное изменение крутящего момента двигателя. В начале рабочего хода крутящий момент резко возрастает и способствует ускорению вращения коленчатого вала. Этому препятствует инерция маховика и других движущихся деталей, связанных с ним. Коленчатый вал, обладая упру-

гостью, при этом деформируется — скручивается. Во вторую половину рабочего хода, когда давление в цилиндре понизится, коленчатый вал благодаря своей упругости раскручивается. Следующий рабочий ход в другом цилиндре вновь вызывает скручивание коленчатого вала. Как только крутящий момент уменьшится, коленчатый вал вновь раскручивается и т. д. Таким образом, во время работы двигателя коленчатый вал то скручивается, то раскручивается и в нем возникают **крутильные колебания**.

Каждый толчок приводит к сравнительно небольшому скручиванию вала, но если частота вспышек совпадает с частотой свободных колебаний коленчатого вала, то действие их суммируется, и крутильные колебания могут возрасти настолько, что приведут к поломке вала. Совпадение частот свободных и вынужденных колебаний называется **резонансом**. Так как частота свободных колебаний есть величина постоянная для данного вала, а частота вспышек зависит от числа оборотов, то явление резонанса наблюдается лишь при определенном числе оборотов, которое называется **критическим**.

Во время резонанса напряжения в коленчатом валу достигают чрезвычайно больших значений. Работа двигателя становится беспокойной, коленчатый вал нагревается, а иногда происходит его поломка. Деформации кручения коленчатого вала тем значительнее, чем больше изменяется крутящий момент и чем меньше жесткость коленчатого вала. Жесткость коленчатого вала в значительной степени определяется его размерами. Коленчатые валы, имеющие шейки большого диаметра, обладают большей жесткостью. Чем длиннее вал, тем меньшей жесткостью он обладает. У валов, достаточно массивных и имеющих малую длину, резонанс наступает при очень большом числе оборотов, с которыми двигатель не работает в нормальных эксплуатационных условиях. К таким относятся коленчатые валы четырехцилиндровых двигателей.

У коленчатых валов с противовесами, а также у коленчатых валов шести- и особенно восьмицилиндровых двигателей, имеющих значительную длину, критическое число оборотов может быть в пределах нормальных эксплуатационных оборотов. В этом случае для обеспечения спокойной работы и во избежание возникновения чрезмерных напряжений на коленчатом валу устанавливается специальное устройство, уменьшающее или, как говорят, гасящее кру-

тильные колебания. Это устройство так и называется — **гаситель крутильных колебаний**.

Во время работы двигателя наибольшие колебания имеет противоположный маховику передний конец коленчатого вала. Поэтому гаситель крутильных колебаний устанавливается на переднем конце коленчатого вала.

Гаситель крутильных колебаний представляет собой маховичок, соединенный с коленчатым валом не жестко, а при помощи слоя резины или листовых пружин и фрикционных дисков.

Если бы коленчатый вал вращался равномерно, гаситель не оказывал бы на него никакого действия и вращался бы вместе с ним. При возникновении крутильных колебаний вращение коленчатого вала происходит неравномерно. Маховичок гасителя вследствие инерции сохраняет равномерное вращение и благодаря упругому соединению смещается относительно коленчатого вала. Слой резины, соединяющий коленчатый вал с маховичком, при этом закручивается. Закрутка резины (или прогиб листовых пружин) вызывает появление переменного момента, действующего на коленчатый вал и изменяющего, или, как говорят, «расстраивающего», его колебания. Кроме того, энергия возникающих крутильных колебаний коленчатого вала частично поглощается работой трения в резине.

Таким образом, гаситель крутильных колебаний не прекращает колебаний вала полностью, но уменьшает их величину до допустимых размеров и изменяет резонансное число оборотов. Соответствующим подбором размеров гасителя крутильных колебаний устраняется опасность возникновения резонанса при эксплуатационных режимах работы двигателя.

При неудачном подборе гасителя хотя и обеспечивается уменьшение колебаний коленчатого вала в необходимой

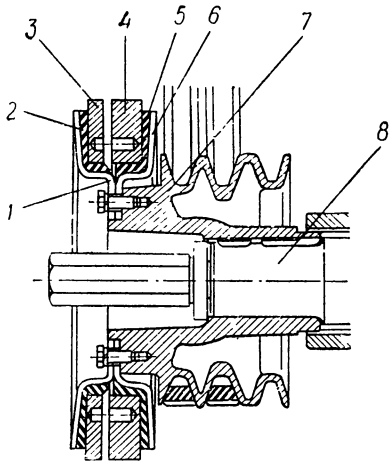


Рис. 22. Гаситель крутильных колебаний дизеля ЯАЗ-206:

1 и 6 — тарелки гасителя; 2 и 5 — слой резины; 3 и 4 — маховички; 7 — шкив; 8 — коленчатый вал

степени, однако в самом гасителе могут возникать такие большие напряжения, что он будет перегреваться и быстро выйдет из строя. В этих случаях устанавливаются двойные гасители крутильных колебаний, состоящие из двух гасителей с маховичками различной массы.

Вследствие того, что массы маховичков различны, их колебания при работе двигателя неодинаковы. Благодаря этому, хотя двойной гаситель и поглощает сравнительно большую энергию крутильных колебаний, в резине при этом не возникает чрезмерных напряжений, она не перегревается и гаситель работает в нормальных условиях.

Двойной резиновый гаситель крутильных колебаний установлен на коленчатом валу шестицилиндрового дизеля ЯАЗ-206 (рис. 22). К торцу шкива 7, расположенного на переднем конце коленчатого вала 8, болтами крепятся тарелки 1 и 6 гасителя. С каждой из тарелок слоем резины 2 и 5 соединены маховички 3 и 4 (резина привулканизирована к поверхностям тарелки и маховичка).

УСТРОЙСТВО ДИЗЕЛЯ

По своему устройству дизель отличается от карбюраторного двигателя: во-первых, системой питания, во-вторых, более массивными и прочными деталями кривошипно-шатунного механизма и, в-третьих, отсутствием системы зажигания. В остальном устройство дизеля мало отличается от устройства карбюраторного двигателя.

Дизель состоит из кривошипно-шатунного механизма, газораспределительного механизма, системы охлаждения, системы смазки и системы питания.

В кривошипно-шатунный механизм входят поршень, шатун, коленчатый вал, цилиндр и картер. Детали этого механизма непосредственно соприкасаются с горящими газами, воспринимают давление газов и преобразуют поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала.

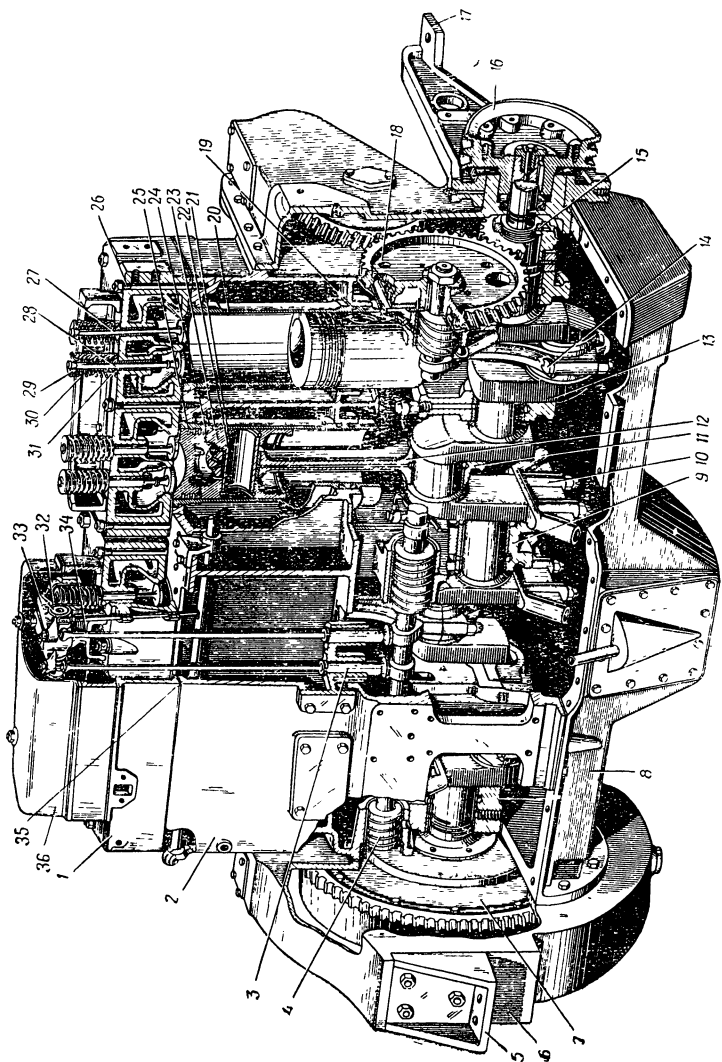
Газораспределительный механизм состоит из клапанов, толкателей, распределительного вала и приводного механизма. Детали этого механизма служат для обеспечения своевременной подачи воздуха в цилиндры и выпуска из них продуктов сгорания.

В систему охлаждения входят трубопроводы, водяной насос и радиатор, где охлаждается вода, циркулирующая между двойными стенками цилиндров. Эта система обеспечивает надлежащую температуру деталей двигателя.

Система смазки состоит из маслопроводов, масляного насоса, фильтров, масляного радиатора и резервуара для масла. Система служит для смазки трущихся деталей двигателя.

В систему питания входят две отдельные подающие системы: система подачи топлива и система подачи воздуха.

Рис. 23. Четырехтактный дизель КДМ-46 (продольный разрез);



- 1 — головка блока цилиндров; 2 — блок цилиндров; 3 — толкатель; 4 — распределительный вал; 5 — задний кронштейн подвески двигателя; 6 — картер маховика; 7 — маховик; 8 — нижняя часть картера; 9 — коренной подшипник; 10 — прогибовес; 11 — крышка шатунного подшипника; 12 — шатун; 13 — щека коленчатого вала; 14 — шатунный болт; 15 — ма-
соотражательное устройство; 16 — шкив; 17 — передний кронштейн подвески двигателя; 18 — шестерня распределительного вала; 19 — уплотнительные кольца гильзы; 20 — гильза; 21 — кольцо крепления поршневого пальца; 22 — поршневой палец; 23 — поршень; 24 — масло-
съемное кольцо; 25 — ком-прессорное кольцо; 26 — шпилька крепления головки блока; 27 — выпускной клапан; 28 — впускной клапан; 29 — опорная шайба; 30 — пружина клапана; 31 — направляющая клапана; 32 — ось коромысел; 33 — коромысло; 34 — штанга; 35 — прокладка головки блока; 36 — крышка

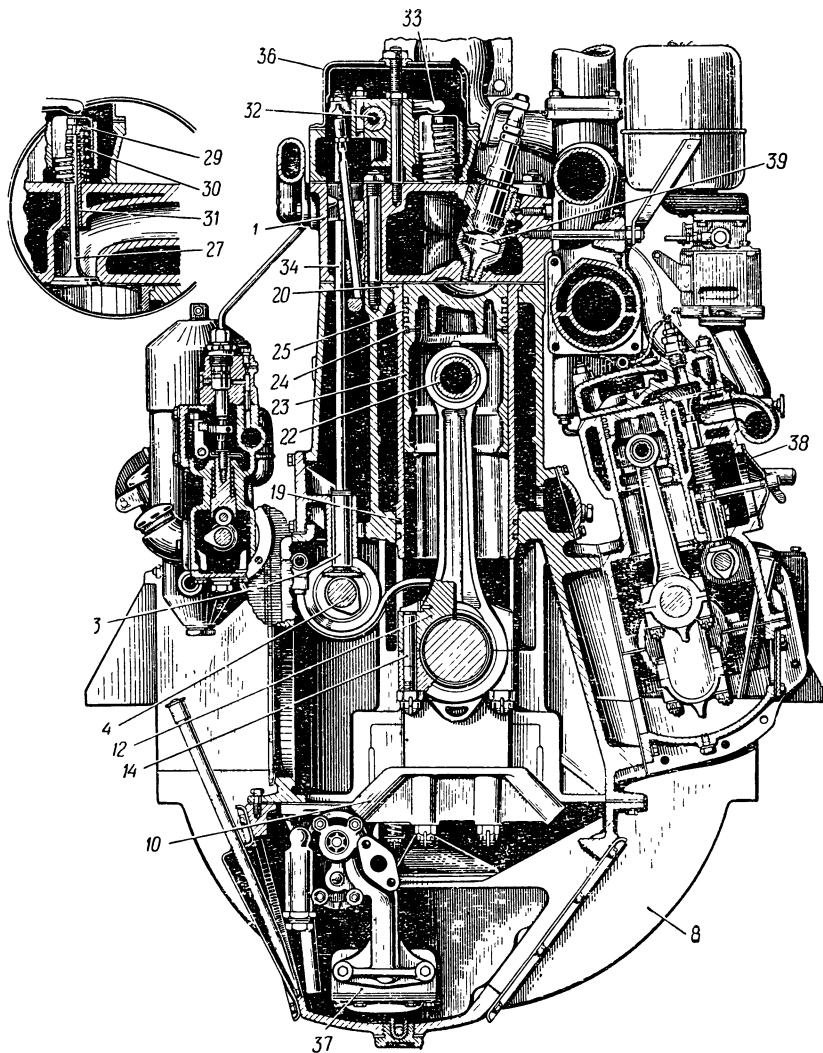


Рис. 24. Четырехтактный дизель КДМ-46 (поперечный разрез):
 37 — маслоприемник; 38 — пусковой двигатель; 39 — камера сгорания (остальные
 детали обозначены теми же номерами, что и на рис. 23)

Детали дизеля работают в более тяжелых условиях, чем детали карбюраторного двигателя. Давление в цилиндре дизеля значительно выше и нарастает более резко. Поэтому детали дизеля изготавливаются более прочными и бо-

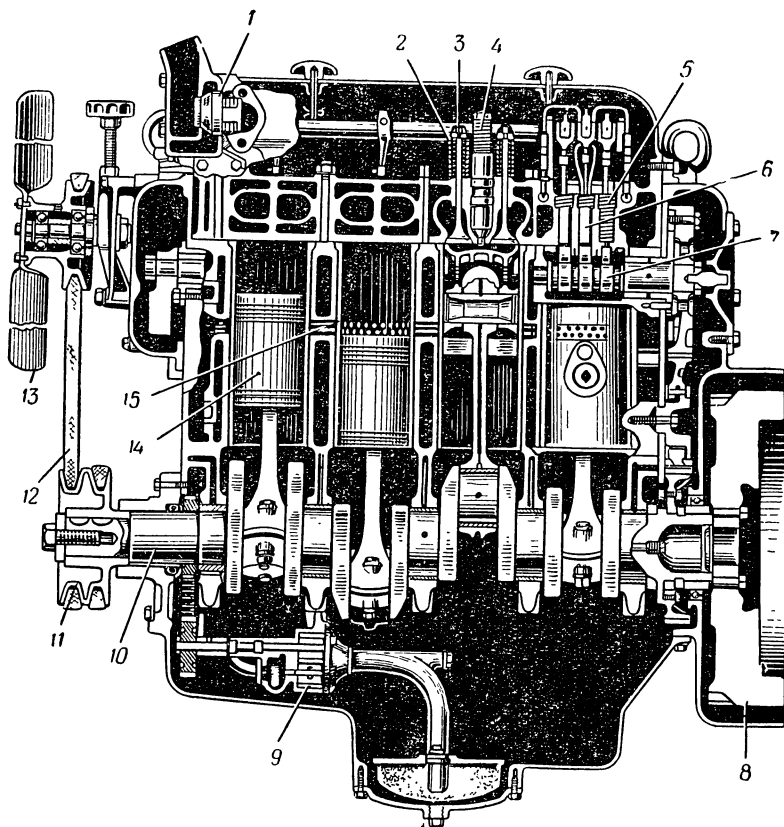


Рис. 25. Двухтактный дизель ЯАЗ-204;

1 — термостат; 2 — пружина клапана; 3 — клапан; 4 — насос-форсунка; 5 — пружина толкателя; 6 — роликовый толкатель; 7 — распределительный вал; 8 — маховик; 9 — масляный насос; 10 — коленчатый вал; 11 — шкив; 12 — приводной ремень; 13 — вентилятор; 14 — поршень; 15 — гильза

лее массивными, а вопросам смазки, точности изготовления и уравновешенности уделяется очень серьезное внимание.

Четырехтактный дизель КДМ-46 и двухтактный дизель ЯАЗ-204 в разрезе показаны на рис. 23—26.

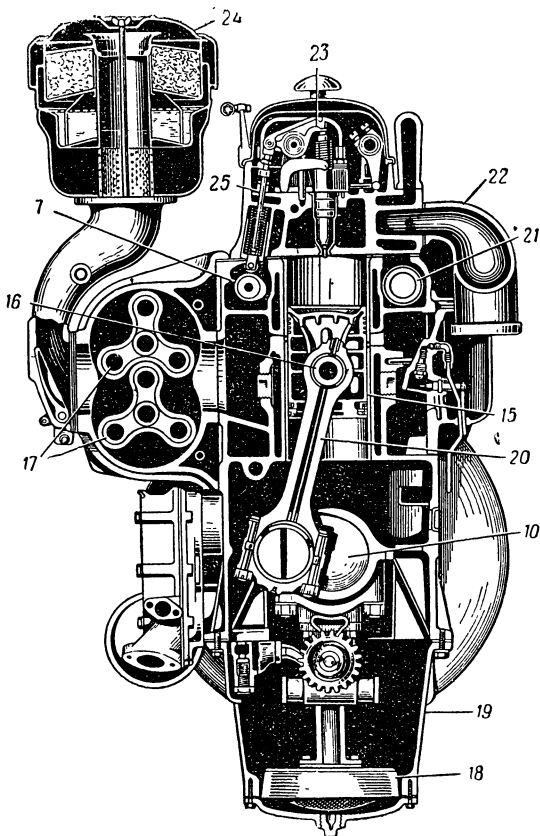


Рис. 26. Двухтактный дизель ЯАЗ-204 (поперечный разрез):

16 — поршневой палец; 17 — роторы нагнетателя; 18 — маслоприемник; 19 — нижняя часть картера; 20 — шатун; 21 — вал уравновешивающего устройства; 22 — выпускной трубопровод; 23 — коромысло; 24 — воздухоочиститель; 25 — штанга (остальные детали обозначены теми же номерами, что и на рис. 25)

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Цилиндры

В цилиндре происходит сжатие воздуха и сгорание впрыскиваемого горючего. Цилиндр состоит из камеры сгорания, направляющей поверхности и охлаждающего устройства.

Камерой сгорания называется верхняя часть цилиндра (весь объем цилиндра, находящийся над поршнем при его положении в верхней мертвой точке), в которой происходит воспламенение и горение рабочей смеси.

Направляющей поверхностью служит внутренняя цилиндрическая поверхность, по которой скользит поршень при своем поступательном движении.

В качестве охлаждающего устройства служат двойные стенки, между которыми находится вода, отводящая тепло от цилиндра во избежание перегрева.

Камеры сгорания дизелей по своему устройству существенно отличаются от камер сгорания карбюраторных двигателей. Их форма определяет скорость и полноту сгорания горючего. Камеры сгорания подробно будут рассматриваться в следующем разделе.

Направляющая поверхность, по которой скользит поршень при своем движении вверх и вниз, подвергается тщательной обработке. На ней не должно быть не только раковин, но даже мелких царапин. Объясняется это тем, что во время работы двигателя на стенки цилиндра воздействует высокая температура горячих газов, а также резко меняющееся боковое давление быстро движущегося поршня. Вследствие этого даже незначительные неточности обработки или повреждение поверхности (зеркала) цилиндра могут повести к заеданию поршня и поломке кривошипношатунного механизма.

Длина направляющей поверхности выполняется такой, что поршень при своем движении несколько выходит за ее пределы внизу, а иногда и вверх.

На дизелях тракторов и автомобилей часто применяются вставные сменные гильзы. Это позволяет: выполнить рабочую поверхность цилиндра из более износостойкого материала, чем весь блок, и увеличить межремонтный срок службы двигателя; значительно сократить простой машины при ремонте, так как вместо сложной операции по расточке цилиндров производится сравнительно простая операция по замене изношенных гильз новыми; увеличить общий срок службы двигателя, так как пригодность двигателя к эксплуатации не ограничивается числом расточек цилиндров и толщиной их стенок, а восстанавливается сменной гильзой.

Гильзы разделяются на омываемые (мокрые) и сухие (рис. 27). На тракторных дизелях применяются омываемые гильзы. Такие гильзы вставляются в специальные пояса,

выполненные в верхней и нижней части рубашки охлаждения. Охлаждающая жидкость непосредственно омывает гильзу с внешней стороны, чем обеспечивается нормальное охлаждение стенок гильзы. Во избежание просачивания охлаждающей жидкости между гильзой и отливкой рубашки в верхней части рубашки ставятся медные, а в нижней — резиновые уплотнительные кольца.

Внешний вид омываемой гильзы тракторного дизеля Д-54 показан на рис. 28. На наружной поверхности гильзы выполнены два

обработанных пояса 3 и 5, предназначенные для установки гильзы в отверстиях блока. Буртиком 2 гильза входит в выточку в верхней плоскости блока. В нижней горизонтальной перегородке блока, куда

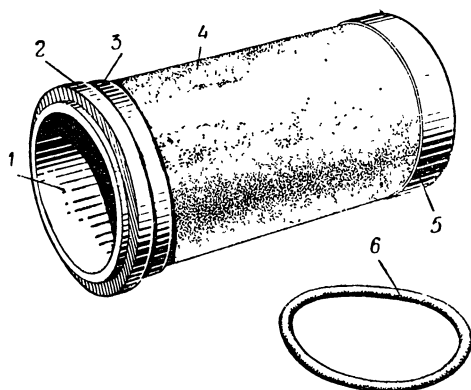


Рис. 28. Омываемая гильза дизеля Д-54: 1 — внутренняя поверхность гильзы; 2 — буртик; 3 и 5 — обработанные пояса; 4 — наружная поверхность; 6 — резиновое кольцо

гильза входит нижним концом, имеются кольцевые выточки. В эти выточки вставляются уплотнительные резиновые кольца 6 для предупреждения просачивания охлаждающей жидкости, которая заполняет пространство между наружной поверхностью 4 гильзы и внутренними стенками блока.

Внутренняя поверхность 1 гильзы, по которой скользит поршень, подвергается за-

калке. Это значительно повышает износоустойчивость гильзы.

На автомобильном дизеле ЯАЗ-204 применяются сухие

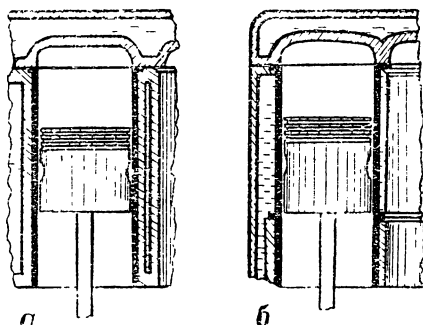


Рис. 27. Схема установки сухой и омываемой гильзы:

а — сухая гильза; б — омываемая гильза

гильзы, имеющие в средней части два ряда отверстий для продувки. Посадка гильзы в цилиндр — скользящая, с зазором не более 0,05 мм, что облегчает сборку и ремонт дизеля. При работе дизеля гильза нагревается, размеры ее увеличиваются и она плотно прилегает к стенкам цилиндра, благодаря чему обеспечивается хороший отвод тепла от гильзы к стенкам блока и в охлаждающую жидкость.

Гильзы изготавливаются из легированного чугуна. Рабочая поверхность гильз закаливается.

Рубашка охлаждения цилиндров дизеля, как и в карбюраторном двигателе, отливается заодно с блоком цилиндров.

Блоки цилиндров дизеля конструктивно мало отличаются от блоков карбюраторных двигателей, но изготавливаются более прочными. Плоскость разъема картера с нижней его частью (масляным поддоном) располагается обычно ниже оси коленчатого вала. Поперечные перегородки картера, образующие постели под вкла-

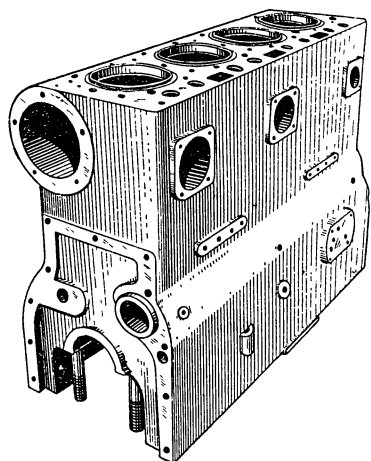


Рис. 29. Блок дизеля Д-54

дыши коренных подшипников, усиливаются ребрами жесткости.

На рис. 29 показан блок цилиндров дизеля Д-54. Внутри коробчатой отливки из серого чугуна имеется горизонтальная стенка, она делит блок на две половины. В верхней половине устанавливаются гильзы, в нижней располагается коленчатый вал. В нижней половине блока имеется пять поперечных перегородок с ребрами. Перегородки придают жесткость блоку и служат основанием для пяти коренных подшипников коленчатого вала. В каждую перегородку звернуто по две шпильки, на которые надеваются нижние крышки коренных подшипников коленчатого вала.

Сверху блок с установленными в нем гильзами закрывается одной общей головкой.

С нижней стороны к блоку крепится отъемная часть картера, закрывающая механизмы двигателя и служащая резервуаром, в котором помещается масло для смазки ди-

зеля. Отъемная часть картера (рис. 30) состоит из двух частей: промежуточной рамы 1 и поддона 3. Для уплотнения между рамой и поддоном ставится бумажная прокладка 2.

Поршни

Назначение поршня — воспринимать давление газов в цилиндре и передавать его посредством шатуна коленчатому валу.

Поршень дизеля, как и поршень карбюраторного двигателя, состоит из головки, днище которой воспринимает давление газов, боковых стенок или юбки, направляющей

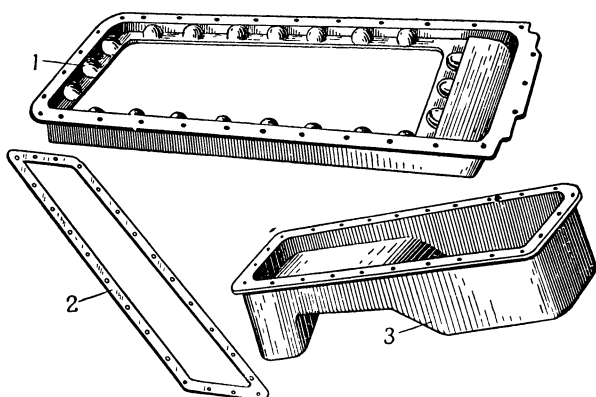


Рис. 30. Нижняя часть блока дизеля Д-54:
1 — промежуточная рама; 2 — прокладка; 3 — поддон

движение поршня в цилиндре и передающей боковое давление стенкам цилиндра, бобышек — приливов с отверстиями для установки поршневого пальца.

Устройство поршня дизеля имеет некоторые специфические особенности. Юбка поршня дизеля изготавливается более длинной, чем юбка поршня карбюраторного двигателя. Это вызывается тем, что давление газов в цилиндре дизеля достигает больших значений и возрастает более резко, чем в карбюраторных двигателях. Поршень, у которого юбка длинная, меньше перекашивается в цилиндре, боковое же давление на каждую единицу площади стенок цилиндра в этом случае получается не очень большим.

Более высокое давление газов и усиленная смазка дизеля обуславливают установку на поршнях дизелей увели-

ченного числа компрессионных и маслосъемных поршневых колец.

Днище поршня дизеля с внутренней стороны снабжается ребрами, обеспечивающими большую прочность его и интенсивный отвод тепла. В ряде конструкций применяется охлаждение днища поршня струями масла, подводимого по каналу в шатуне.

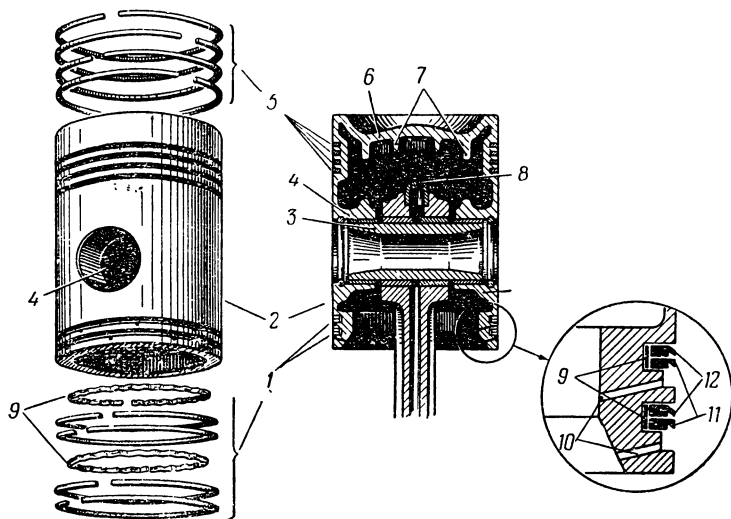


Рис. 31. Поршень дизеля ЯАЗ-204:

1 — маслосъемные кольца; 2 — направляющая поверхность поршня; 3 — поршневой палец; 4 — бобышка поршня; 5 — компрессионные кольца; 6 — днище поршня; 7 — ребра; 8 — распылитель для разбрызгивания масла, охлаждающего днище поршня; 9 — расширители; 10 — каналы для отвода масла; 11 — нижние части маслосъемных колец; 12 — верхние части маслосъемных колец

В отличие от карбюраторных двигателей, поршни которых имеют плоское днище, головкам поршней дизеля придается специальная форма. Это улучшает смесеобразование и обеспечивает более полное сгорание рабочей смеси.

Поршни дизелей изготавливаются из чугуна, как, например, у дизеля ЯАЗ-204, или из алюминиевого сплава, как, например, у дизелей Д-35 и КДМ-46.

У дизеля ЯАЗ-204 днище 6 (рис. 31) поршня фасонное и с внутренней стороны снабжено кольцевыми и радиальными ребрами 7. На наружной цилиндрической поверхности поршня имеется шесть канавок, из них четыре верхние — для компрессионных 5 колец, а две нижние — для маслосъемных 1. Под канавками для маслосъемных колец

в поршне просверлены каналы 10, по которым отводится масло со стенок цилиндра. Для лучшего скольжения поршня и уменьшения склонности к задирам юбка поршня покрывается тонким слоем олова (0,025 мм).

Чтобы учесть изменение размеров поршня при нагревании и исключить возможность заедания во время работы, юбкам поршней в дизелях, как и в карбюраторных двигателях, придается овальная и конусная форма.

Поршневые кольца

Поршневые кольца служат для уплотнения зазора между стенками цилиндра и поршня во избежание пропуска газов в картер двигателя и попадания масла в пространство сгорания. В дизеле к поршневым кольцам предъявляются особенно высокие требования в связи с тем, что степень сжатия в дизелях значительно выше, чем в карбюраторных двигателях. В частности, большое внимание уделяется быстрой приработке колец и плотному их прилеганию к стенкам цилиндра независимо от изношенности.

При неплотном прилегании колец в образующийся просвет начинают прорываться газы, имеющие высокую температуру. Кольца при этом сильно нагреваются, закоксовываются, теряют упругость и подвижность, что приводит к их быстрому износу и к потере мощности двигателя.

На внутренней или наружной стороне поршневого кольца выполнена выточка или фаска. Это сообщает кольцу различную жесткость по высоте, вследствие чего при установке в цилиндр оно несколько перекашивается и прилегает к стенкам цилиндра узкой полосой. Благодаря этому обеспечивается быстрая приработка кольца и его надежный контакт с поверхностью цилиндра.

На наружной цилиндрической поверхности кольца сделаны кольцевые канавки, заполняемые оловом. Олово, как мягкий материал, быстро прирабатывается и покрывает стенки цилиндра тонким слоем, что уменьшает трение, предохраняет кольца от задира и удлиняет срок их службы.

Для сохранения контакта кольца со стенками цилиндра даже и при износе кольца применяются специальные пружины, называемые расширителями. Расширители 9 (рис. 31) ставятся в канавке поршня под кольцо и прижимают его к стенкам цилиндра. Расширители получают все большее распространение на дизелях и ставятся как под

маслосъемные, так и под компрессионные кольца (кроме верхнего).

При износе кольца просветы между кольцом и цилиндром в первую очередь появляются около замка. Срок службы кольца удастся значительно увеличить, если предусмотреть упругость нового кольца неравномерной по окружности. Так как при износе упругость кольца уменьшается прежде всего вблизи замка, то поршневые кольца изготавливают так, чтобы наибольшая упругость у нового кольца была в зоне замка. Тогда по мере изнашивания кольца его давление на стенки цилиндра будет все более и более равномерным. Так, например, среднее удельное давление кольца дизеля Д-35 равно $1,77 \text{ кг/см}^2$, а наибольшее давление в зоне замка $5,06 \text{ кг/см}^2$.

Стенки цилиндров обильно смазываются. Во избежание сильного нагарообразования и быстрого расходования масла нижним поршневым кольцом придается специальная форма, обеспечивающая отвод масла со стенок цилиндра. Маслосъемные кольца такого типа, состоящие из двух частей — верхней 12 и нижней 11, вставляемых в одну поршневую канавку, устанавливаются на дизеле ЯАЗ-204. Для большего удельного давления на стенки цилиндра на наружной поверхности поршневого маслосъемного кольца проточена канавка. Вследствие этого кольцо прижимается к стенкам цилиндра двумя узкими поясами, удельное давление которых получается выше, чем удельное давление кольца таких же размеров, но прилегающего к стенкам цилиндра всей наружной поверхностью. Через профрезерованные в кольце прорези и по сверлениям в поршне собранное со стенок цилиндра масло отводится обратно в картер.

Материалом для поршневых колец служит серый чугун, чаще всего фосфористый, плотного мелкозернистого строения. Наружная поверхность колец обычно подвергается хромированию или лужению, что значительно увеличивает срок их службы.

Шатуны

Шатун служит для передачи усилия от поступательно-движущегося поршня к вращающемуся коленчатому валу.

Шатуны дизелей имеют такое же устройство, как и шатуны карбюраторных двигателей, и отличаются от них лишь большей прочностью и большим весом.

Шатун дизеля ЯАЗ-204 изготовлен из марганцовистой стали. Крышка 8 (рис. 32) нижней головки крепится к шатуну двумя болтами 9 из хромоникелевой стали. В нижней головке установлены вкладыши 10, залитые свинцовистой бронзой. В верхней головке 2 запрессованы две втулки 4 из специальной бронзы с винтовыми канавками на внутренней поверхности, по которым поступает масло к поршневому пальцу. Вдоль стержня 1 шатуна просверлен канал 6. От нижней головки по этому каналу подается масло в верхнюю головку для смазки пальца и охлаждения поршня. В канале около нижней головки установлен жиклер 7, который дозирует количество масла, поступающего в канал, а в верхней головке — распылитель 3, через который масло разбрызгивается на днище поршня и охлаждает его.

Нижняя головка шатуна дизеля Д-35 имеет разъем под углом 45° к оси шатуна. Это облегчает разборку кривошипно-шатунного механизма при ремонте дизеля.

Коленчатый вал

Коленчатый вал воспринимает через шатуны усилия от поршней и передает их силовой передаче автомобиля (трактора). Кроме того, он приводит в движение различные механизмы и агрегаты двигателя.

У дизелей коленчатый вал устроен так же, как и у карбюраторных двигателей, но изготовлен более прочным.

Коленчатые валы четырехцилиндровых дизелей в большинстве случаев пятиопорные, а шестицилиндровых — семиопорные и имеют сильно развитые шатунные и коренные

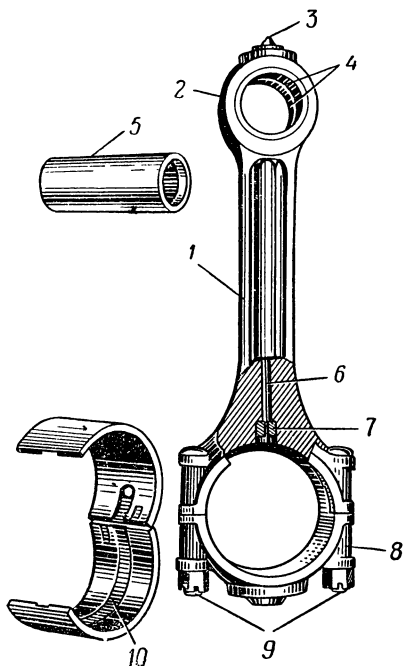


Рис. 32. Шатун дизеля ЯАЗ-204:

1 — стержень; 2 — верхняя головка; 3 — распылитель для разбрызгивания масла; 4 — втулки; 5 — поршневой палец; 6 — канал для подачи масла; 7 — масляный жиклер; 8 — крышка нижней головки; 9 — шатунные болты; 10 — вкладыши

шейки. Это обеспечивает прочность конструкции даже при тех больших нагрузках, которые имеют место в дизеле.

Коленчатый вал дизелей штампуется из специальных или углеродистых сталей.

В коренных и шатунных подшипниках дизелей, как и в современных карбюраторных двигателях, устанавливаются тонкостенные взаимозаменяемые вкладыши. Большая точность, с которой обрабатываются вкладыши и постели для них, дает возможность устанавливать вкладыши без последующей механической обработки и без регулировочных прокладок.

Вкладыши изготавливаются из низкоуглеродистой стали и заливаются свинцовистой бронзой. Толщина вкладыша 3 мм; толщина слоя свинцовистой бронзы 0,5—0,7 мм. Свинцовистая бронза обеспечивает удовлетворительную работу подшипника при больших давлениях на шейках и при большом числе оборотов коленчатого вала.

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ

Газораспределительный механизм служит для своевременного впуска в цилиндр воздуха и выпуска из него отработавших газов.

Различают два типа клапанных механизмов газораспределения: с верхними (подвесными) клапанами, расположенными в головке блока цилиндров, и с нижними (боковыми) клапанами, расположенными в блоке цилиндров. В дизелях применяются механизмы с верхними (подвесными) клапанами, что объясняется особенностями рабочего процесса дизеля.

В состав клапанного газораспределительного механизма входят следующие основные детали: впускные и выпускные клапаны, толкатели, распределительный вал, пружины, коромысла, толкающие штанги и механизм привода газораспределения.

На рис. 33 показан газораспределительный механизм дизеля Д-35. Работа механизма осуществляется следующим образом. При вращении распределительного вала 9 кулачок набегаёт на толкатель 8 и поднимает его. Толкатель через штангу 7, коромысло 6 и направляющий стакан 4 нажимает на стержень клапана 1 и, сжимая пружину 3, сообщает поступательное движение клапану. При этом клапан открывает впускное или выпускное отверстие цилиндра. Пружина 3, будучи сильно сжатой, упирается одним кон-

цом в блок цилиндров, а другим в опорную шайбу 5, укрепленную на стержне клапана. При дальнейшем вращении распределительного вала выступ кулачка выходит из-под толкателя, пружина 3 разжимается и под действием ее клапан закрывает впускное или выпускное отверстие.

Клапан движется в направляющей 2, запрессованной в блоке цилиндров, и состоит из головки (или тарелки) и стержня. Головка открывает отверстие, через которое проходит воздух или отработавшие газы, стержень направляет движение клапана. Края впускного и выпускного отверстий в цилиндре двигателя выполняются коническими (угол наклона фаски 45° , реже 30°), образующими гнезда клапанов. Соответственно этому боковая поверхность головки клапана, которой он садится в гнездо, также делается конической. Конусные поверхности гнезда и головки притираются одна к другой, чем и обеспечивается плотное закрытие клапана.

Гнезда выпускных клапанов работают в тяжелых температурных условиях и подвергаются быстрому износу. По-

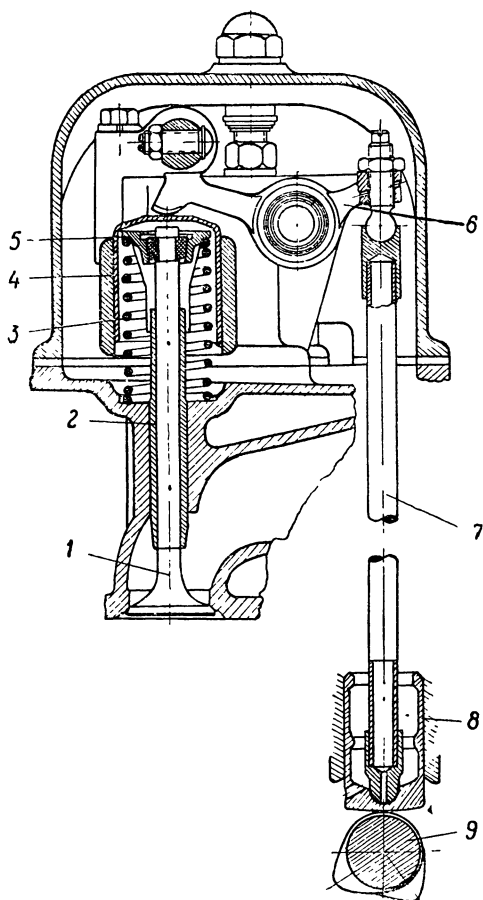


Рис. 33. Газораспределительный механизм дизеля Д-35:

1 — клапан; 2 — направляющая; 3 — пружина; 4 — направляющий стакан; 5 — опорная шайба; 6 — коромысло; 7 — штанга; 8 — толкатель; 9 — распределительный вал

этому в большинстве случаев гнезда выпускных клапанов выполняются вставными из более прочного и жароупорного материала, чем материал блока цилиндров. При износе эти гнезда легко заменить новыми.

Переход от головки клапана к стержню выполняется плавным. Этим достигается большая прочность клапана, лучший отвод тепла от головки и меньшее сопротивление потоку газов.

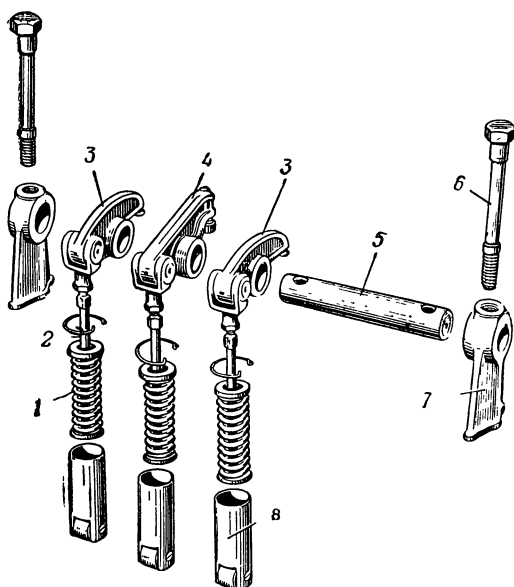


Рис. 34. Детали газораспределительного механизма дизеля ЯАЗ-204:

- 1 — пружина; 2 — штанга; 3 — коромысло клапанов;
4 — коромысло насос-форсунки; 5 — валик коромысел;
6 — болт; 7 — стойка; 8 — толкатель

Стержень клапана выполняется цилиндрическим. Нижнему концу стержня придается различная форма в зависимости от способа крепления опорной шайбы, в которую упирается клапанная пружина.

Материалом для клапанов служат жароупорные стали. Выпускные клапаны изготавливаются обычно из кремневохромистой стали (силхром).

Кулачки, управляющие движением впускных и выпускных клапанов, располагаются на одном общем валу, называемом распределительным, и изготавливаются с ним заодно.

Распределительный вал устанавливается параллельно коленчатому валу и вращается в подшипниках.

В двухтактном дизеле ЯАЗ-204, имеющем клапанно-щелевую продувку для впуска воздуха, используется не впускной клапан, а два ряда отверстий в гильзе, перекрываемых поршнем. Распределительный механизм в этом двигателе управляет работой выпускных клапанов и насос-форсунок. Он состоит из распределительного вала, роликовых стаканообразных толкателей, штанг толкателей, коромысел и клапанов. В каждом цилиндре установлены два выпускных клапана и насос-форсунка. На распределительном валу имеется по три кулачка на каждый цилиндр. Два крайних кулачка служат для привода толкателей коромысел клапанов, а один средний — для привода толкателя коромысла насос-форсунки.

На рис. 34 отдельно показаны толкатели 8, штанги 2, пружины 1 толкателей, коромысла 3 и 4, валик 5 коромысел и стойки 7 одного из цилиндров дизеля ЯАЗ-204. Все три коромысла каждого цилиндра установлены на валике 5, укрепленном в двух чугунных стойках 7, каждая из которых крепится болтом 6 к верхней плоскости головки блока.

С механизмом газораспределения в тракторных дизелях (Д-35, Д-54, КДМ-46) связано декомпрессионное устройство, облегчающее запуск дизеля.

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

Во время такта сжатия температура воздуха в цилиндре сильно возрастает и при воспламенении горючего поднимается до 2000°C . Средняя температура газов в цилиндре равна $700\text{--}800^{\circ}\text{C}$, поэтому блок цилиндров, головка блока, поршни и клапаны сильно нагреваются. Перегрев деталей нарушает нормальную работу двигателя, приводит к падению мощности, к большому износу деталей кривошипно-шатунного механизма и даже к заеданию поршней и аварии двигателя.

Для предупреждения перегрева стенки цилиндров двигателя подвергаются искусственному охлаждению.

В дизелях применяется преимущественно жидкостное охлаждение, так как в двигателях больших размеров и большой мощности трудно обеспечить равномерное и достаточно интенсивное охлаждение всех цилиндров воздухом. Кроме того, при жидкостном охлаждении легче обеспечить подогрев двигателя при пуске, а также подогрев и охлаждение масла в системе смазки двигателя.

По своему устройству система охлаждения дизелей и ее элементы — рубашка охлаждения, насос, термостат, радиатор и т. д. — мало отличаются от устройства системы охлаждения карбюраторного двигателя. В дизелях лишь более широко применяются устройства, регулирующие скорость прогрева и интенсивность охлаждения жидкости (термостаты, жалюзи и т. п.).

В качестве охлаждающей жидкости, как и в карбюраторных двигателях, применяется вода или охлаждающие низкотемпературные жидкости.

Количество тепла, которое должно отводиться в систему охлаждения, у дизелей примерно то же, что и количество тепла, отводимое в систему охлаждения у карбюраторных двигателей. Однако емкости систем охлаждения (т. е. количество жидкости, которое требуется для заполнения всей системы) дизелей значительно больше емкостей систем охлаждения карбюраторных двигателей. Так, емкость системы охлаждения у грузового автомобиля МАЗ-200 равна 46 л, у трактора С-80 — 64 л, ДТ-54 — 60 л, КД-35 — 38 л. Это объясняется особенностями дизелей и их назначением. Дизель ЯАЗ-204, как указывалось, двухтактный. В двухтактных дизелях вследствие более частого чередования рабочих ходов требуется более интенсивное охлаждение. Дизели КДМ-46, Д-54 и Д-35 тракторные. Они работают преимущественно с нагрузкой, близкой к максимальной, вследствие чего и нуждаются в более интенсивном охлаждении.

В системе охлаждения дизеля ЯАЗ-204 циркуляция охлаждающей жидкости обеспечивается центробежным насосом 7 (рис. 35). Производительность насоса до 300 л воды в минуту, наибольший напор 1,2 ат. Насос нагнетает охлаждающую жидкость в водораспределительный канал 6, отлитый в блоке. Через окна, имеющиеся в водораспределительном канале, жидкость подается ко всем цилиндрам двигателя. Из рубашки 5 охлаждения блока охлаждающая жидкость через специальные насадки поступает в рубашку головки. Насадки направляют жидкость в первую очередь на гнезда клапанов и форсунок, чем обеспечивается их более интенсивное охлаждение.

Сверху на головке имеется сборный патрубок 4, по которому охлаждающая жидкость направляется к термостату 3 и далее по соединительному патрубку 2 в радиатор 1. Жидкость, охлажденная в радиаторе, через нижний соединительный патрубок 11 и масляный радиатор 9 вновь попа-

дает в водяной насос и нагнетается в рубашку охлаждения блока цилиндров. В самой нижней части системы на соединительном патрубке 11 имеется кран 10 для спуска охлаждающей жидкости при длительных стоянках в зимнее время. Второй спускной кран расположен на корпусе водяного насоса.

Сзади радиатора установлен шестилопастный вентилятор 12, обеспечивающий обдув радиатора и интенсивное охлаждение жидкости.

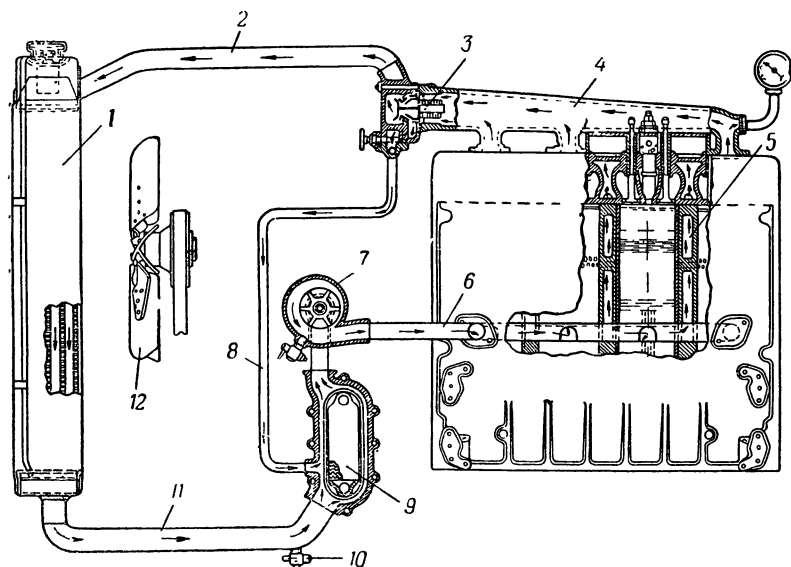


Рис. 35. Система охлаждения дизеля ЯА3-204:

1 — радиатор; 2 — верхний соединительный патрубок; 3 — термостат; 4 — сборный патрубок головки цилиндров; 5 — рубашка охлаждения блока цилиндров; 6 — водораспределительный канал; 7 — водяной насос; 8 — перепускная трубка; 9 — масляный радиатор; 10 — спускной кран; 11 — нижний соединительный патрубок; 12 — вентилятор

Для поддержания нормального температурного режима двигателя температура охлаждающей жидкости, выходящей из головки цилиндров, должна быть $75-85^{\circ}\text{C}$. Быстрый прогрев дизеля при запуске и поддержание постоянной температуры в системе охлаждения обеспечиваются термостатом 3, установленным перед патрубком 2. Термостат представляет собой автоматический клапан, прекращающий циркуляцию охлаждающей жидкости через радиатор при понижении ее температуры ниже 70°C . В этом случае охла-

ждающая жидкость, минуя радиатор, поступает из сборного патрубка 4 по перепускной трубке 8 непосредственно в масляный радиатор 9.

Интенсивность охлаждения жидкости регулируется не только автоматически — термостатом, но и вручную при помощи жалюзи (створок), установленных перед радиатором. Для управления жалюзи служит рукоятка, расположенная на щитке в кабине водителя. Температура охлаждающей жидкости в системе контролируется водителем по термометру, расположенному в кабине.

В дизеле КДМ-46 основная система охлаждения объединена с системой охлаждения пускового двигателя. Благодаря такому устройству в период запуска происходит подогрев цилиндров и камер сгорания дизеля, что облегчает запуск дизеля и уменьшает его износ.

Работа системы охлаждения дизеля КДМ-46 происходит следующим образом. Когда начинает работать пусковой двигатель, охлаждающая жидкость, нагреваясь в его рубашке 8 (рис. 36), поднимается по патрубку 7 и поступает в рубашку 5 головки цилиндров дизеля. Далее по сборному патрубку 4 головки цилиндров охлаждающая жидкость подходит к термостатам 2, откуда по перепускной трубке 3 поступает к насосу 11. От насоса охлаждающая жидкость идет в двух направлениях — по патрубку 10 в рубашку 8 цилиндров пускового двигателя и по водораспределительному каналу 9, расположенному вдоль блока дизеля, к каждому цилиндру. Из рубашки 6 блока цилиндров и рубашки 5 головки дизеля охлаждающая жидкость вновь поступает в сборный патрубок 4. Таким образом, при запуске холодного двигателя циркуляция охлаждающей жидкости в системе начинается под влиянием местного нагрева в рубашке пускового двигателя. Нагретые частицы охлаждающей жидкости имеют меньшую плотность, чем холодные, и вследствие этого поднимаются. На их место поступает более холодная жидкость, и так происходит непрерывная циркуляция охлаждающей жидкости. Такая циркуляция жидкости, происходящая под влиянием местного подогрева, называется **термосифоном**.

После прогрева охлаждающей жидкости в системе охлаждения запускают дизель, а пусковой двигатель останавливают. Циркуляция охлаждающей жидкости при этом происходит уже за счет работы водяного насоса 11. При нагре-

вании жидкости до 70° С открываются клапаны термостатов 2 и направляют жидкость к насосу по основному пути— через радиатор 1 и нижний соединительный патрубок 12.

СИСТЕМА СМАЗКИ

Поверхности соприкасающихся деталей двигателя даже при самой тщательной обработке не бывают совершенно гладкими. Имеющиеся на них неровности задевают друг за друга и тормозят перемещение одной детали по поверхности другой. Сопротивление, возникающее при этом, называется **трением**.

Для преодоления трения требуется затрата некоторой части мощности двигателя. Кроме того, трение вызывает износ и нагревание трущихся поверхностей, что может привести к заеданию и поломке деталей.

Наиболее действенные способы уменьшения трения — смазка трущихся поверхностей, тщательная их обработка и пригонка друг к другу. Действие смазки основано на том, что между трущимися поверхностями вводится тонкий слой смазывающего материала и трение происходит не между металлическими частями, а между частицами смазки.

Система смазки двигателя обеспечивает не только уменьшение трения между деталями, но и охлаждение трущихся поверхностей.

В современных двигателях автомобилей и тракторов смазываются внутренние стенки цилиндров, по которым скользит поршень, подшипники коленчатого и распределительного валов, шатунные подшипники в верхней и нижней головках шатуна, распределительный механизм и привод к нему.

Особенности системы смазки дизелей

В дизелях к работе системы смазки и к качеству смазочных материалов предъявляются более высокие требования, чем в карбюраторных двигателях. Это объясняется тем, что силы, действующие в дизеле, значительно больше сил, действующих в карбюраторном двигателе, так как степени сжатия дизелей намного выше, а детали более массивные и силы инерции, возникающие при их неравномерном движении, достигают больших значений.

В дизелях применяется обычно смешанная система смазки. Коренные и шатунные подшипники коленчатого вала, подшипники распределительного вала, поршневые пальцы и детали распределительного механизма смазы-

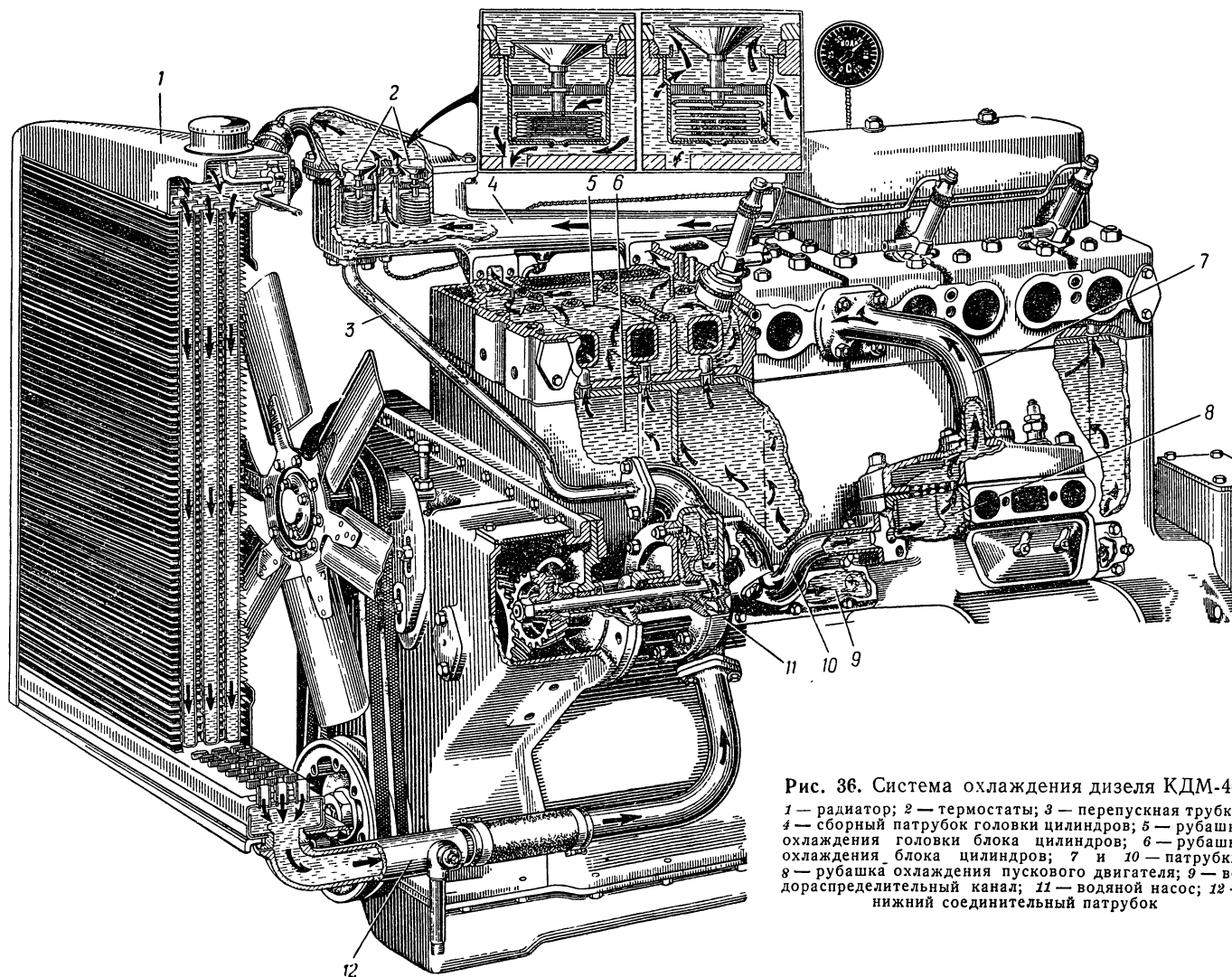


Рис. 36. Система охлаждения дизеля КДМ-46:

1 — радиатор; 2 — термостаты; 3 — перепускная трубка, 4 — сборный патрубок головки цилиндров; 5 — рубашка охлаждения головки блока цилиндров; 6 — рубашка охлаждения блока цилиндров; 7 и 10 — патрубки; 8 — рубашка охлаждения пускового двигателя; 9 — водораспределительный канал; 11 — водяной насос; 12 — нижний соединительный патрубок

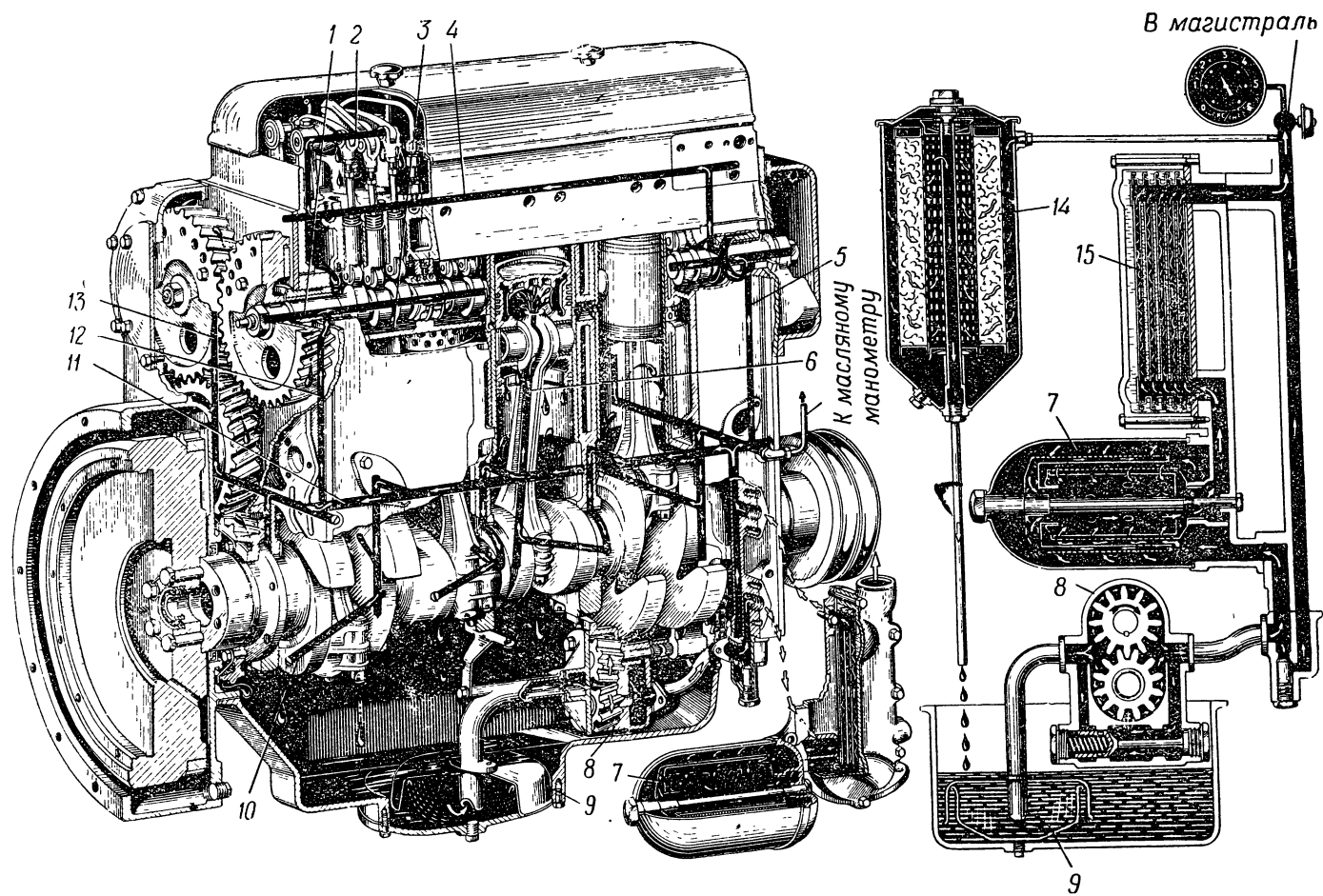


Рис. 37. Система смазки дизеля ЯАЗ-204:

1 — канал распределительного вала; 2 — канал для смазки коромысел; 3 — масляная ванна; 4 — продольный канал для смазки привода клапанов; 5, 12 и 13 — вертикальные каналы; 6 — канал в шатуне; 7 — фильтр грубой очистки; 8 — масляный насос; 9 — маслоприемник; 10 — сверление в коленчатом валу; 11 — главный канал; 14 — фильтр тонкой очистки; 15 — масляный радиатор

ваются маслом, подаваемым через масляную магистраль насосом. Стенки цилиндров и поршни смазываются маслом, разбрызгиваемым в картере двигателя.

Одним из основных требований, предъявляемых к системе смазки дизеля, является тщательная (причем более тщательная, чем в карбюраторном двигателе) очистка масла, что достигается многократной его фильтрацией. Так как масло во время работы двигателя загрязняется, то его необходимо подвергать очистке непрерывно. Для этой цели масло подается в магистраль через сетчатый фильтр, который очищает его от наиболее грубых механических примесей. Затем масло проходит через фильтры грубой и тонкой очистки. Фильтры грубой очистки включаются в систему смазки последовательно, т. е. так, что через них проходит все масло, подаваемое насосом. Фильтры тонкой очистки включаются в систему смазки параллельно, т. е. на ответвлении от масляной магистрали так, что через них проходит лишь часть масла (2—3%), подаваемого насосом.

В качестве фильтрующего материала в фильтрах грубой очистки применяются проволочная сетка или лента, а в сменных патронах фильтров тонкой очистки — минеральная шерсть, картонные элементы АСФО (ЯАЗ-204), нитки (КДМ-46), хлопчатобумажные концы (Д-35).

Система смазки дизеля ЯАЗ-204

В дизеле ЯАЗ-204 (рис. 37) отстоявшееся в картере масло засасывается шестеренчатым насосом 8 через маслоприемник 9 и подается через фильтр 7 грубой очистки к масляному радиатору 15. Из масляного радиатора масло по вертикальному каналу подводится к главному каналу 11. Отсюда оно поступает ко всем коренным подшипникам коленчатого вала и к вертикальным каналам 5, 12 и 13. Некоторая часть масла через поперечный канал направляется в фильтр 14 тонкой очистки, из которого стекает в поддон картера. По каналам 5, 12 и 13 масло подводится к крайним подшипникам распределительного и уравнивающего валов. Из заднего вертикального канала масло подается к подшипнику промежуточной шестерни. От крайних подшипников распределительного вала по каналу 1, проходящему вдоль распределительного вала, масло подводится к промежуточным подшипникам.

По сверлениям 10 в щеках коленчатого вала масло от коренных подшипников поступает к шатунным. Часть масла

из шатунных подшипников через канавки и отверстия во вкладышах попадает в канавку в нижней головке шатуна. Из этой канавки через запрессованный в нижнюю головку жиклер масло поступает в вертикальный канал 6 шатуна и попадает в кольцевое пространство между двумя втулками в верхней головке шатуна для смазки поршневого пальца. Из этого же пространства масло направляется в форсунку с четырьмя отверстиями, запрессованную в верхнюю головку шатуна. Струи масла, вытекающие из форсунки, охлаждают днище поршня.

Стенки цилиндров смазываются маслом, которое вытекает из подшипников и разбрызгивается вращающимися деталями.

Шестерни распределения смазываются маслом, вытекающим из крайних подшипников распределительного и уравновешивающего валов, и из подшипника промежуточной шестерни. Кроме того, через отверстия в торцовых плитах блока на шестерни стекает масло из полостей, в которых расположены распределительный и уравновешивающий валы.

Смазка привода клапанов и форсунок осуществляется маслом, поступающим из продольного канала 4 головки блока, куда масло подается по вертикальному каналу 5. Из канала 4 масло поступает в пустотелые стойки коромысел через осевые каналы в болтах, которыми крепятся стойки коромысел. Отсюда масло попадает на втулки коромысел и к пальцам штанг толкателей, далее стекает на толкатели и в специальные карманы, где образуется масляная ванна 3, в которой смазываются кулачки распределительного вала.

Из правого кармана масло через два канала в блоке и корпусе продувочного насоса стекает в верхние карманы продувочного насоса. Отсюда оно поступает к шарикоподшипникам и шестерням роторов, а также к механизму центробежного регулятора. Затем масло стекает в нижние карманы корпуса продувочного насоса, откуда излишки его по двум каналам отводятся в поддон картера двигателя. Масло в карманах разбрызгивается шестерней нижнего ротора и специальным диском. К подшипникам, шестерням и муфтам привода продувочного насоса масло поступает по специальной трубке.

Для очистки масла в системе смазки дизеля ЯАЗ-204 служат два фильтра: фильтр грубой или предварительной очистки 7, установленный в системе последовательно между насосом 8 и масляным радиатором 15, и фильтр тонкой

очистки 14, установленный на параллельном ответвлении к системе смазки за масляным радиатором.

Фильтр грубой очистки масла состоит из литого корпуса 2 (рис. 38), колпака 4, наружного и внутреннего фильтрующих элементов 5 и 6, уплотнительного кольца 3 и стяжного стержня 7 с болтом. Фильтрующие элементы выполнены в виде стаканов из гофрированной металлической

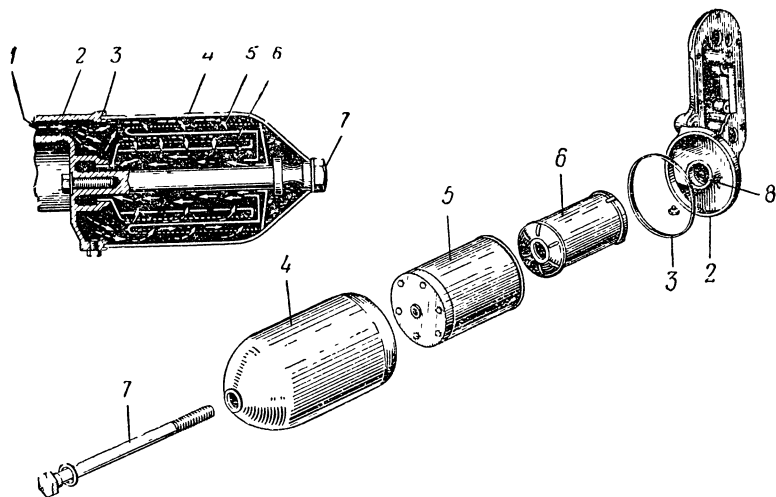


Рис. 38. Фильтр грубой очистки масла дизеля ЯАЗ-204:

1 — подводящий канал; 2 — корпус; 3 — уплотнительное кольцо; 4 — колпак; 5 и 6 — фильтрующие элементы; 7 — стяжной стержень; 8 — выходное отверстие

ленты, на которые с внешней стороны навита специальная лента. На этой ленте с одной стороны имеются выступы высотой 0,12 мм, касающиеся гладкой поверхности соседнего витка. Благодаря этому между соседними витками образуются узкие щели, через которые и пропускается фильтруемое масло.

Во время работы двигателя через фильтр проходит все масло, подаваемое насосом. Масло от насоса по каналу 1 поступает под колпак 4. Через щели, образованные лентой, масло проникает в полость внутреннего элемента 6, откуда через центральное отверстие 8 корпуса уходит в отводящий канал. Все посторонние частицы размером более 0,12 мм при этом задерживаются в щелях между витками ленты. Если элементы фильтра засорены или масло слишком вязкое (что бывает, например, при пуске холодного двигателя),

то количество масла, подаваемого в магистраль, будет недостаточным. Для предотвращения этого перед фильтром устанавливается перепускной клапан. Когда давление масла перед фильтром превысит $2,8 \text{ кг/см}^2$, клапан приоткрывается и перепускает часть масла мимо фильтра в магистраль.

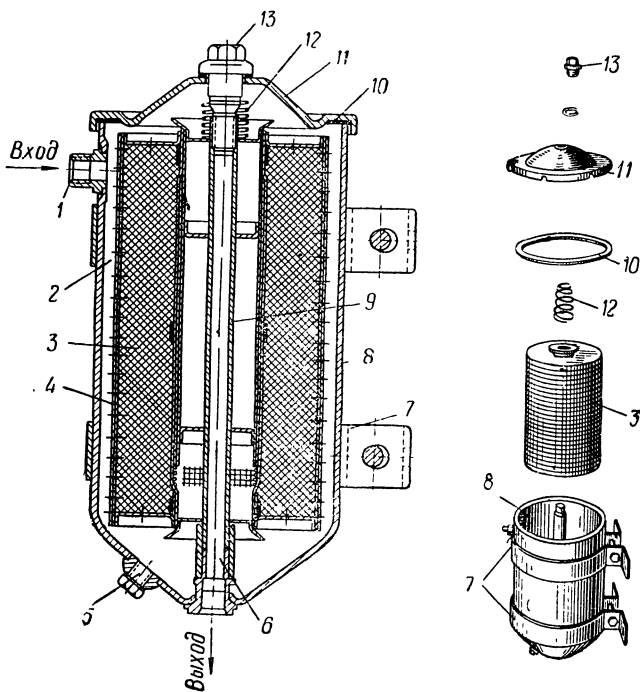


Рис. 39. Фильтр тонкой очистки масла дизеля ЯАЗ-204:

1 — калиброванное отверстие; 2 — полость, заполняемая нефилтрованным маслом; 3 — фильтрующий элемент; 4 — сетка; 5 — пробка спускового отверстия; 6 — канал; 7 — хомуты; 8 — корпус; 9 — центральный стяжной стержень; 10 — уплотнительное кольцо; 11 — крышка; 12 — пружина; 13 — стяжная головка

Фильтр тонкой очистки масла состоит из корпуса 8 (рис 39) с пробкой 5 спускового отверстия, крышки 11, уплотнительного кольца 10, сменного фильтрующего элемента 3, центрального стяжного стержня 9 с клапаном, пружины 12, прижимающей фильтрующий элемент, и стяжной головки 13. Фильтрующий элемент состоит из цилиндрического каркаса с отверстиями по всей боковой поверхности и крышек, к которым приварена сетка 4 с бумажной оберткой. Простран-

ство между сеткой и каркасом заполнено пористой массой из минеральной шерсти¹. Масло поступает в полость 2 в корпусе фильтра через калиброванное отверстие 1, дозирующее поступление его в фильтр. Далее масло проходит через фильтрующий элемент 3 и выходит по каналу 6 в центральном стяжном стержне 9. У верхнего конца стержня установлен клапан, перепускающий масло в магистраль при засорении фильтрующего элемента.

Фильтр тонкой очистки крепится при помощи двух хомутов 7 к кронштейну, расположенному на задней торцевой плите двигателя.

Масляный радиатор предназначен для быстрого подогрева холодного масла при запуске двигателя и для поддержания температуры масла в пределах 75—85°С во время работы двигателя. Радиатор состоит из нескольких широких плоских трубок 2 (рис. 40), соединяющих нижний и верхний резервуары 6 и 7, и чугунного корпуса 3. Внутри трубок помещены гофрированные сердечники 1, обеспечивающие интенсивное охлаждение масла. Охлаждающая жидкость поступает в масляный радиатор через отверстие 5, омывает трубки 2 и выходит через верхний патрубок 8 в водяной насос. Масло входит в радиатор через отверстие 4, проходит по трубкам 2, омывая сердечники 1, и поступает в масляную магистраль двигателя через резервуар 7. При запуске холодного двигателя и во время его про-

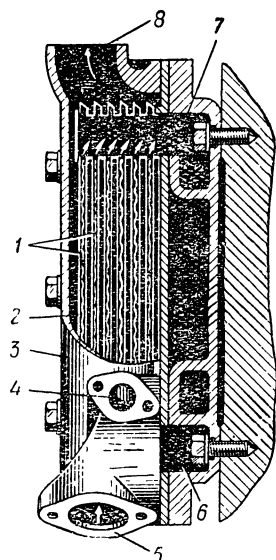


Рис. 40. Масляный радиатор дизеля ЯАЗ-204: 1 — сердечники; 2 — трубка; 3 — корпус; 4 — входное масляное отверстие; 5 — входное водяное отверстие; 6 — нижний резервуар; 7 — верхний резервуар; 8 — верхний патрубок

грева термостат направляет воду в масляный радиатор непосредственно из рубашки охлаждения двигателя. Это обеспечивает быстрый прогрев воды и масла и облегчает запуск двигателя.

Масляный насос обычного шестеренчатого типа с косозубыми шестернями установлен на крышке второго коренного

¹ Минеральной шерстью называется асбестовая вата. В этой вате имеется множество мелких каналов, обеспечивающих хорошую фильтрацию масла.

подшипника. Насос приводится во вращение от коленчатого вала через шестеренчатую передачу.

Давление масла в системе контролируется манометром и аварийным сигнализатором. Манометр и сигнализатор установлены на щитке перед водителем и присоединены к главной масляной магистрали. В случае понижения давления масла в магистрали при рабочем режиме 1500—2000 об/мин на щитке загорается красная лампочка сигнализатора.

Система смазки дизеля КДМ-46

В дизеле КДМ-46 масло из поддона 11 (рис. 41) картера через сетчатый фильтр центрального маслоприемника 10 поступает в масляный насос 9. Отсюда масло идет в нижнюю камеру маслораспределительной плиты и дальше по каналу поступает во внутреннюю камеру 7 кронштейна масляных фильтров. Из внутренней камеры масло по трубке 8 проходит в масляный радиатор 1, из которого возвращается во внешнюю камеру 5 кронштейна. Холодное масло поступает во внешнюю камеру 5 через перепускной клапан 6 кронштейна, минуя радиатор, так как большая вязкость холодного масла вызывает повышенное давление в трубке 8, ведущей к радиатору.

Из внешней камеры масло направляется к двум параллельно работающим фильтрам 2. Часть масла через ленточный фильтр грубой очистки и канал 3 маслораспределительной плиты поступает в масляную магистраль 4. Другая часть масла проходит через нитчатый фильтр тонкой очистки и направляется обратно в картер двигателя.

Из масляной магистрали 4 масло подводится к коренным подшипникам коленчатого вала и через сверления 12 в щеках вала — к шатунным подшипникам. По каналам 13 в шатунах масло проходит к верхним головкам, где смазывает поршневые пальцы и обрызгивает днища поршней, что способствует их охлаждению. Из магистрали 4 масло по двум трубкам подается для смазки деталей газораспределительного механизма.

Масло, подаваемое к переднему коренному подшипнику коленчатого вала, поступает также к переднему подшипнику распределительного вала и к большой и малой промежуточным шестерням.

От подшипника распределительного вала масло отводится к регулятору. От большой промежуточной шестерни масло по трубопроводу подводится к переднему подшип-

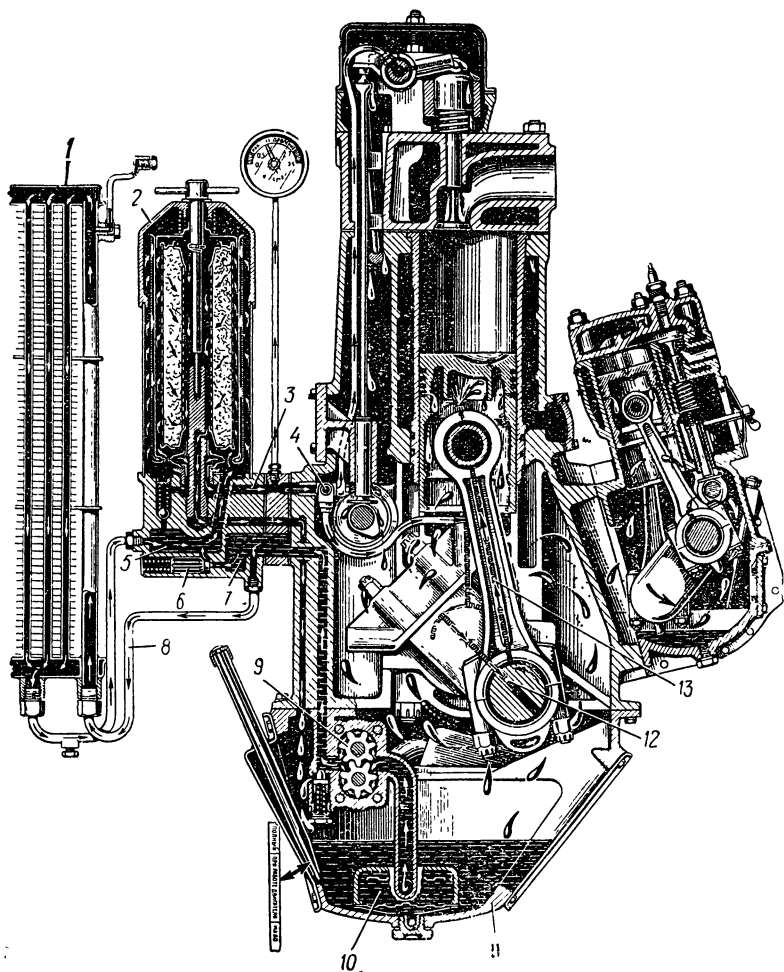


Рис. 41. Система смазки дизеля КДМ-46:

1 — масляный радиатор; 2 — масляный фильтр; 3 — канал; 4 — масляная магистраль; 5 — внешняя камера; 6 — перепускной клапан; 7 — внутренняя камера; 8 — трубка, подающая масло в масляный радиатор; 9 — масляный насос; 10 — маслоприемник; 11 — поддон картера; 12 — сверление в коленчатом валу; 13 — канал в шатуне

нику водяного насоса. Остальные трущиеся поверхности смазываются попадающими на них брызгами масла.

Масло очищается в двух параллельно работающих фильтрах, каждый из которых состоит из секции грубой и секции тонкой очистки.

Секция грубой очистки — ленточный фильтр — состоит из стального или латунного каркаса *б* (рис. 42) с гофрированной поверхностью, на которую навивается металлическая фильтрующая лента *в* с выпуклостями на одной стороне. Эти выпуклости высотой $0,07\text{ мм}$ расположены через

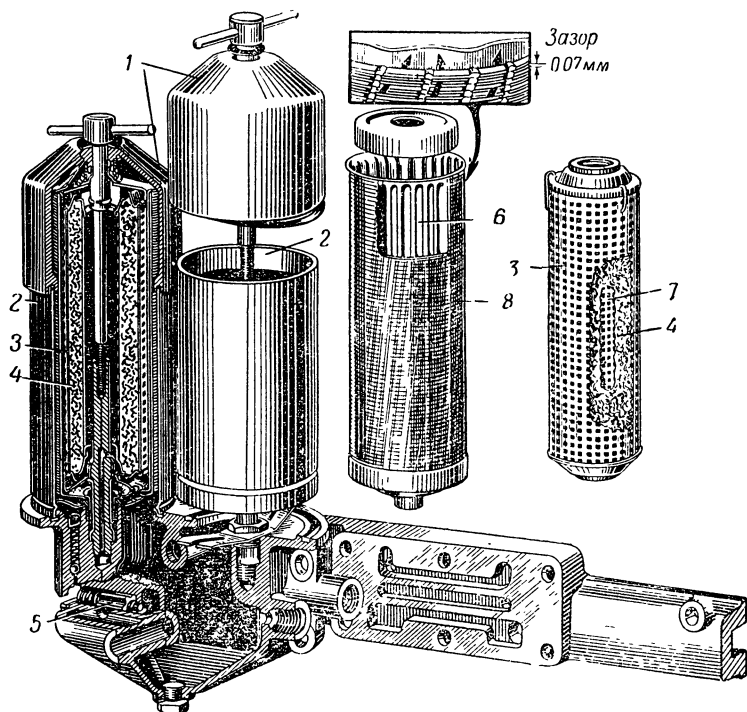


Рис. 42. Масляный фильтр дизеля КДМ-46:

1 — крышка; 2 — кожух; 3 — наружный каркас секции тонкой очистки; 4 — набивка; 5 — перепускной клапан; 6 — каркас секции грубой очистки; 7 — внутренний каркас секции тонкой очистки; 8 — фильтрующая лента

каждые $3,6\text{ мм}$. Между витками ленты образуются зазоры для прохода масла, равные высоте выпуклости. Здесь происходит грубая очистка масла.

Секция тонкой очистки — нитчатый фильтр — очищает масло, поступающее обратно в картер. Эта секция состоит из внутреннего стального каркаса *7* с отверстиями, обернутого мелкой стальной сеткой, и наружного стального каркаса *3* с мелкими прямоугольными отверстиями. Между

наружным и внутренним каркасами укладывается фильтрующая нитчатая набивка 4. Проходя через набивку, масло подвергается тонкой очистке.

Секции грубой и тонкой очистки заключены в кожух 2, закрытый сверху крышкой 1. Фильтр снабжен перепускным клапаном 5.

Масла, применяемые для дизелей

Для смазки дизелей применяются минеральные масла, получаемые при переработке нефти. Эти масла должны обладать определенными свойствами. Укажем основные из них.

Необходимо, чтобы дизельное масло было вязким и липким, чтобы при смазывании оно хорошо прилипало к трущимся поверхностям и не выдавливалось из зазоров между ними.

Смазывающая способность масла должна сохраняться при изменении температуры в тех пределах, при которых происходит работа двигателя, т. е. необходимо, чтобы масло не разлагалось при нагревании от стенок цилиндров во время работы и не замерзало в картере двигателя при остановках.

Масло должно иметь высокую температуру вспышки; попавшее в камеру сгорания масло при воспламенении должно сгорать без остатка, так как в противном случае образуется нагар, который будет засорять камеру сгорания.

Необходимо также, чтобы масло было стабильным, т. е. не изменяло своего состава и свойств при длительном хранении, чтобы стойко сопротивлялось окисляющему действию кислорода воздуха и было стойким против осмоления.

В дизельном масле не допускается содержание механических примесей (песок, грязь, частицы металла), кислот и щелочей, разъедающих металл, и воды, которая ухудшает интенсивность и условия смазки трущихся поверхностей и вызывает их коррозию.

Сорт масла подбирается для каждого типа двигателя с учетом особенностей его конструкции (степень сжатия, число оборотов, система охлаждения и др.) и внешних температурных условий (климатические, время года), в которых приходится работать двигателю. Поэтому для каждого двигателя следует применять масло того сорта, который указан в соответствующем заводском руководстве.

К дизельным маслам предъявляются более высокие тре-

бования, чем к маслам для карбюраторных двигателей. Более высокие нагрузки на коренные и шатунные подшипники в дизелях заставили отказаться от применения в них баббитов в качестве подшипниковых сплавов и перейти к применению свинцовистой бронзы. Но свинцовистая бронза легко подвергается коррозии под влиянием кислот, содержащихся в картерном масле. Поэтому масла, не отвечающие требованиям по стабильности и содержанию кислот, применять для дизелей нельзя.

Масла для дизелей должны обладать большей вязкостью, чем масла, применяемые для карбюраторных двигателей, причем вязкость не должна сильно изменяться при повышении температуры. Это необходимо потому, что температурный режим и удельные давления между трущимися поверхностями в дизеле значительно выше, чем в карбюраторных двигателях, и смазка легче выдавливается из зазоров.

Перечисленным повышенным требованиям не удовлетворяют масла даже самых высококачественных сортов, применяемые для карбюраторных двигателей. Поэтому в масла для дизелей вводятся присадки, придающие маслу противокислительные, противокоррозионные свойства и повышающие смазывающую способность.

Качество масел характеризуется рядом показателей, определяющих физико-химические свойства масел. Эти показатели определяются при специальных испытаниях масел. Перечень физико-химических свойств и показатели, которым должны соответствовать дизельные масла, указаны в специальных Государственных общесоюзных стандартах (ГОСТ).

В 1950 г. на дизельные масла с присадкой введен стандарт (ГОСТ 5304—50), который предусматривает выпуск дизельного масла двух марок: З — зимнего и Л — летнего. В качестве зимнего масла применяется масло индустриальное 50 (машинное СУ) с добавкой 3% специальной присадки. В качестве летнего масла применяется смесь авиационного масла МК-22 с индустриальным 50 или веретенным АУ и с добавкой 3% специальной присадки.

Летнее и зимнее дизельные масла отличаются главным образом вязкостью и температурой застывания.

При транспортировке, хранении и заправке необходимо принимать меры, исключающие возможность загрязнения и обводнения дизельного масла. До заправки масло должно подвергаться отстою и храниться в плотно закрытой посуде.

СИСТЕМА ПИТАНИЯ

Источником тепловой энергии для дизеля является дизельное топливо (в дальнейшем для краткости будем называть «топливо»), сжигаемое в его цилиндрах. Для подачи топлива и воздуха в цилиндры в дизеле имеются две отдельные подающие системы: система подачи топлива и система подачи воздуха.

Система подачи топлива состоит из топливного бака, топливоподкачивающего насоса, подающего топливо из бака к насосу высокого давления, топливного насоса высокого давления, форсунок, очистительных приборов (отстойники, фильтры), топливопроводов и регулятора числа оборотов коленчатого вала двигателя.

В систему подачи воздуха входят впускной трубопровод с воздухоочистителем и нагнетатель. Выпуск отработавших газов в атмосферу производится через выпускной трубопровод и глушитель.

Схема питания дизеля показана на рис. 43. Топливо из бака 1 по трубопроводу 14 поступает к топливоподкачивающему насосу 13 и далее через трубопроводы и фильтры 10 и 2 подается к топливному насосу 3 высокого давления.

Под большим давлением насос через трубопровод 4 и форсунку 6 впрыскивает топливо в цилиндр двигателя. Здесь топливо распыливается форсункой по камере 7 сгорания и, попадая в сильно сжатый и нагретый воздух, воспламеняется. Топливо, просачивающееся через неплотности соединений форсунки, отводится в бак по трубопроводу 5.

Избыточное топливо, подаваемое топливоподкачивающим насосом, возвращается по трубопроводу 12 к топливоподкачивающему насосу 13.

Воздух поступает в цилиндр из атмосферы через воздухоочиститель 8 и впускной трубопровод 9.

Количество впрыскиваемого в цилиндр топлива не остается постоянным, а должно меняться в зависимости от режима работы двигателя. В отличие от карбюраторного двигателя, где изменение мощности достигается уменьшением или увеличением открытия дроссельной заслонки, т. е. изменением наполнения, мощность дизеля регулируется изменением количества топлива, вводимого в цилиндры. Количество воздуха, поступающего в цилиндры дизеля, при постоянном числе оборотов остается почти неизменным. Таким образом, изменение мощности дизеля достигается обеднением или обогащением горючей смеси, а не

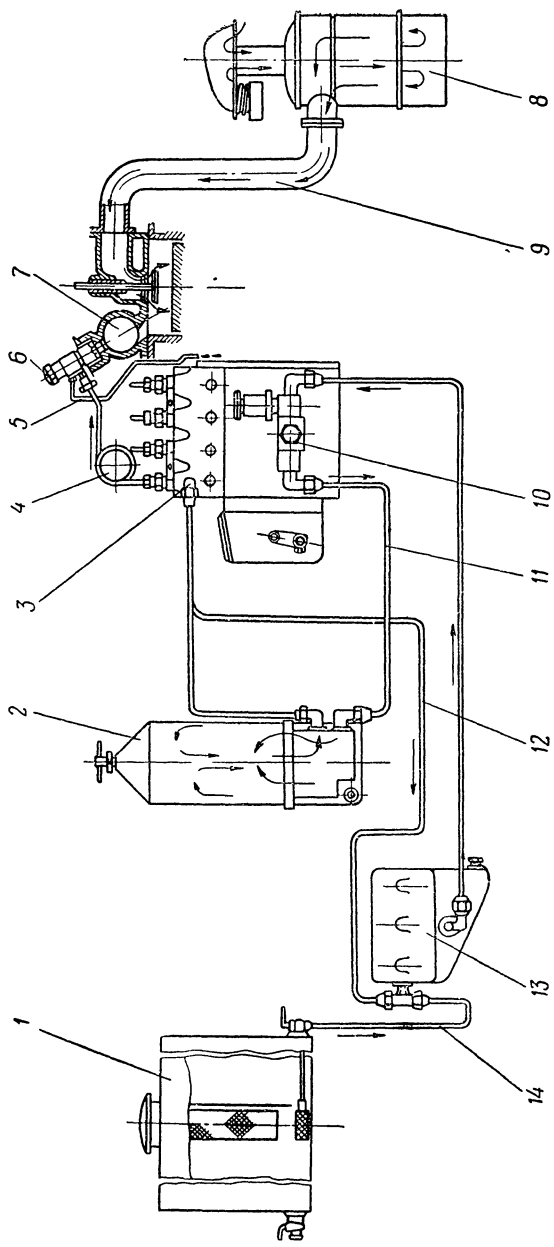


Рис. 43. Схема питания дизеля:

1 — топливный бак; 2, 10 — фильтры; 3 — топливный насос; 4, 5, 11, 12 и 14 — топливные трубопроводы; 6 — форсунка; 7 — камера сгорания; 8 — воздухоочиститель; 9 — впускной трубопровод; 13 — топливоподкачивающий насос

уменьшением или увеличением количества подаваемой смеси, как в карбюраторном двигателе.

По этой причине дизели называются двигателями с качественным регулированием — их мощность регулируется изменением качества горючей смеси, а карбюраторные двигатели называются двигателями с количественным регулированием — их мощность регулируется изменением количества горючей смеси, поступающей в цилиндры.

Смесеобразование в дизеле

Время, которое отводится в дизеле на процесс смесеобразования, намного меньше, чем в карбюраторном двигателе, где распыливание, перемешивание с воздухом и испарение бензина происходят на протяжении всего такта впуска и почти всего такта сжатия, т. е. в течение целого оборота коленчатого вала. В дизеле жидкое топливо впрыскивается в цилиндр уже в конце такта сжатия. Для быстрого и полного сгорания все введенное в камеру сгорания топливо должно быть быстро нагрето до температуры воспламенения и перемешано с воздухом, необходимым для сгорания.

Одним из основных условий, обеспечивающих правильное осуществление процесса сгорания, является равномерное распределение топлива по всему объему камеры сгорания. Необходимо, чтобы каждая его частица была окружена достаточным для полного сгорания количеством воздуха. Наилучшим образом по камере сгорания распределяются мелкораздробленные капельки. При этом создается большая поверхность соприкосновения топлива с воздухом.

Чтобы раздробить топливо на мелкие капли и равномерно перемешать его с воздухом, оно подается насосом в каждый цилиндр под очень большим давлением. Так, например, в дизеле ЯАЗ давление, с которым топливо впрыскивается в цилиндр, достигает 1400 ат. При этом величина впрыскиваемой порции составляет всего 0,05 г при полной нагрузке, а при холостом ходе даже 0,01 г. Топливо впрыскивается в виде тонких струй через отверстия диаметром в несколько долей миллиметра. Входя в среду сжатого воздуха со скоростью 150—250 м/сек, оно вследствие трения о воздух раздробляется на очень мелкие капли, превращаясь в пыль.

Чтобы обеспечить возможно лучшее распределение топлива по камере сгорания и его перемешивание с воздухом, в цилиндре дизеля создаются интенсивные воздушные по-

токи, так называемые вихри. При наличии интенсивных вихрей воздух оmyвает каждую встречную частицу топлива, срывая с нее продукты горения и подвергая действию свежей струи кислорода.

Образование вихрей осуществляется: при впуске — специальными козырьками на впускных клапанах или соответствующим расположением продувочных окон, при сжатии — применением камер сгорания и поршней специальной формы.

Несмотря на ряд мероприятий, абсолютно равномерного распределения и перемешивания топлива с воздухом в камере сгорания достигнуть не удастся. Капли рассеиваются форсункой не строго равномерно и получаются неодинаковыми по размеру. Поэтому в одних частях камеры сгорания топлива может оказаться больше, в других меньше. В тех частях камеры, где окажется избыток топлива, воздуха будет недостаточно и топливо полностью не сгорит. При неполном сгорании ухудшается экономичность дизеля, понижается мощность и происходит сильное дымление при выпуске отработавших газов. Чтобы обеспечить полное сгорание даже в тех частях камеры, где будет избыток топлива, в цилиндры дизеля вводится большее количество воздуха, чем это необходимо для полного сгорания впрыснутого количества топлива.

Состав горючей смеси в двигателях характеризуется коэффициентом избытка воздуха, т. е. отношением количества воздуха, действительно введенного в цилиндр, к количеству воздуха, которое теоретически необходимо ввести для полного сгорания топлива. Если воздуха вводится ровно столько, сколько необходимо для полного сгорания топлива, то коэффициент избытка воздуха равен единице. В дизелях коэффициент избытка воздуха обычно равен 1,3—1,5, в то время как в карбюраторных двигателях он равен 0,8—1,1.

Таким образом, тонкость распыливания топлива, глубина его проникновения в среду сжатого воздуха и равномерность распределения по камере сгорания определяются формой камеры сгорания, давлением впрыска, давлением воздуха в камере сгорания и его завихрениями, величиной отверстий в форсунке и качеством применяемого топлива.

Между началом впрыска топлива и его воспламенением, как указывалось, проходит некоторый промежуток времени, который называется периодом задержки воспламенения. Величина этого периода тем меньше, чем выше температура

воздуха, сжатого в цилиндре, чем интенсивнее завихрение и мельче распылено топливо. Время задержки воспламенения чрезвычайно мало (0,005 секунды), однако от его продолжительности сильно зависят мощность, развиваемая двигателем, и жесткость работы.

Если в цилиндр до начала воспламенения ввести все или большую часть впрыскиваемого за рабочий цикл топлива, то, как только будет достигнута температура воспламенения, пламя появится одновременно во многих точках и все топливо сгорит с чрезвычайно большой скоростью. При этом давление в цилиндре резко увеличится, работа дизеля будет сопровождаться стуком и большим износом деталей (жесткая работа двигателя). Чем меньше период запаздывания воспламенения, тем меньше за этот промежуток времени поступит топлива в цилиндр и тем плавнее будет нарастать давление.

Процессы смесеобразования и сгорания в большой степени зависят от конструкции камеры сгорания. Форма камеры сгорания должна соответствовать форме впрыскиваемой струи топлива. При этом капли топлива должны пронизывать весь воздух, находящийся в камере, но не ударяться о стенки камеры и днище поршня. Камера сгорания должна обеспечивать нужное направление создаваемым в ней вихрям.

В зависимости от методов распыливания топлива камеры сгорания дизелей можно разбить на две группы: неразделенные и разделенные. Неразделенные камеры состоят из одной полости, находящейся между головкой цилиндра и днищем поршня. Разделенные камеры состоят из двух полостей, соединенных между собой одним или несколькими каналами. Разделенные камеры сгорания делятся на предкамеры, вихревые камеры и воздушно-вспомогательные камеры.

Дизели с непосредственным впрыском (неразделенная камера)

В дизелях с непосредственным (струйным) впрыском топливо вводится непосредственно в камеру сгорания (рис. 44) в виде пучка струй через форсунку с одним или несколькими отверстиями.

Главным преимуществом дизелей с непосредственным впрыском является высокая экономичность и сравнительно легкий запуск. Это объясняется тем, что в дизелях такого типа меньше тепловые потери, так как поверхность камеры

сгорания, через которую происходят потери тепла в систему охлаждения, меньше, чем в дизелях другого типа. Кроме того, отсутствуют потери на перетекание газов, которые имеют место в разделенных камерах.

Основные недостатки дизелей с непосредственным впрыском сводятся к следующему. Так как топливо должно быть очень тонко распылено, необходимо применять высокое давление впрыска и очень малые отверстия форсунки (0,15—0,25 мм). Вследствие этого изготовление дизеля обходится дороже и требуется тщательная фильтрация топлива.

В дизеле с непосредственным впрыском подача всей порции топлива в камеру сгорания, где находится необходимый для сгорания воздух, происходит за очень короткий промежуток времени. Это приводит к тому, что в соединении с кислородом воздуха вступает все горючее почти одновременно и работа дизеля получается жесткой. Дизели с непосредственным впрыском более чувствительны к изменению скоростного режима, чем дизели других типов.

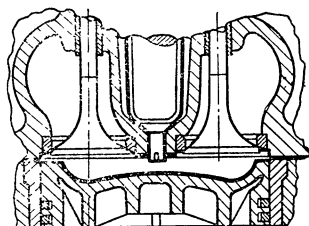


Рис. 44. Камера сгорания дизеля ЯАЗ-204 с непосредственным впрыском

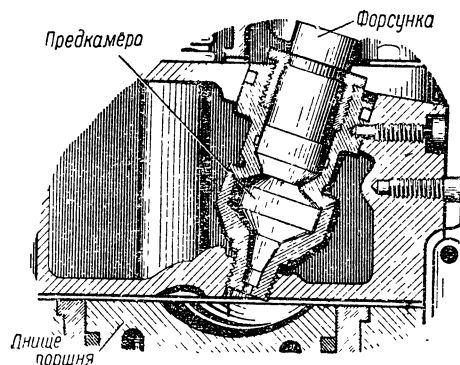


Рис. 45. Камера сгорания предкамерного дизеля КДМ-46

дизеля состоит из двух частей: меньшей, составляющей 25—40% всего объема и называемой предкамерой, и большей, называемой главной камерой сгорания.

Предкамера помещается в головке цилиндра и соеди-

нотного режима, чем дизели других типов.

Однако благодаря большим преимуществам по экономичности и по пусковым качествам дизели с непосредственным впрыском получают все большее распространение.

Предкамерные дизели (разделенная камера)

Камера сгорания предкамерного (рис. 45)

няется с главной камерой одним или несколькими каналами. Сечение этих каналов выполняется таким, чтобы во время рабочего хода создавалась большая разность давлений в цилиндре и в камере и перетекание газов происходило с большой скоростью.

Топливо впрыскивается через форсунку в предкамеру, где и воспламеняется под действием высокой температуры сжатого воздуха. Так как в предкамере помещается только часть воздуха, сжимаемого над поршнем, то в ней сгорает не все топливо, впрыскиваемое форсункой. Давление в предкамере при сгорании сильно повышается и несгоревшая часть топлива по соединительным каналам с большой скоростью выбрасывается в главную камеру сгорания, хорошо перемешивается с воздухом и быстро воспламеняется.

Следовательно, процесс образования горючей смеси в предкамерных дизелях происходит: в предкамере — первичное распыливание топлива форсункой и его частичное воспламенение и в главной камере — вторичное распыливание за счет энергии выбрасываемых из предкамеры газовых потоков и окончательное сгорание всего топлива.

Благодаря двойному распыливанию отпадает необходимость впрыскивать топливо под очень большим давлением и применять форсунки с отверстиями весьма малого диаметра, как в двигателях с непосредственным впрыском. Это увеличивает долговечность топливной аппаратуры и облегчает эксплуатацию дизеля.

В предкамерных дизелях давление впрыска равно 300—600 $кг/см^2$. Работают эти дизели мягче, чем дизели с непосредственным впрыском, вследствие того, что сгорание в главной камере начинается со значительным опозданием и давление над поршнем возрастает плавно. Максимальное давление в предкамерных дизелях наступает позже, а его величина ниже, чем в дизелях с непосредственным впрыском, и часто не превышает 45—50 $кг/см^2$. Благодаря этому работа кривошипно-шатунного механизма предкамерных дизелей протекает в более благоприятных условиях.

Основным недостатком предкамерных дизелей является большой удельный расход топлива по сравнению с дизелями с непосредственным впрыском. Это объясняется большими тепловыми потерями в охлаждающую воду и тем, что значительная часть топлива сгорает уже при движении поршня вниз.

Предкамерное распыливание применено на тракторном дизеле КДМ-46. Устанавливаемая в головке блока цилин-

дров предкамера изготавливается из двух сваренных между собой стальных частей и соединяется с главной камерой каналом диаметром 5 мм.

Дизели с вихревыми камерами

В дизелях с вихревой камерой, как, например, в тракторных дизелях Д-35 и Д-54, камера сгорания состоит из двух частей, соединенных узкой горловиной (рис. 46). Дополнительная вихревая камера располагается в головке блока цилиндров. Ее объем достигает 50—60% объема всей камеры сгорания.

Во время сжатия поршень вытесняет воздух из цилиндра в вихревую камеру. Часть воздуха остается в зазоре между днищем поршня и головкой цилиндра.

При повышении давления во время сгорания газы из вихревой камеры с большой скоростью устремляются через горловину в простанство над поршнем. В камере сгорания образуются сильные завихрения, благодаря чему происходит интенсивное перемешивание еще не воспламенившегося топлива с воздухом.

Такие условия обеспечивают большую скорость сгорания и плавное нарастание давления над поршнем. Поэтому дизели с вихревыми камерами быстроходны, работают мягко и имеют сравнительно хорошие экономические и пусковые качества (хотя и несколько худшие, чем в дизелях с непосредственным впрыском).

Дизели с воздушно-вспомогательными камерами

Воздушно-вспомогательная камера располагается обычно в головке блока и соединяется с цилиндром узкой горловиной (рис. 47).

Поршень вытесняет в камеру весь воздух из цилиндра, за исключением небольшого количества, остающегося в зазоре между днищем поршня и головкой цилиндра. В струю воздуха, проходящего через горловину, впрыскивается топливо. Частицы его увлекаются во вспомогательную камеру сгорания, где благодаря чрезвычайно сильным завихрениям хорошо перемешиваются с воздухом и воспламеняются. Вследствие повышения давления при сгорании газы из вспо-

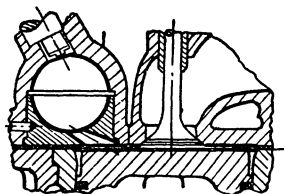


Рис. 46. Вихревая камера сгорания дизеля Д-35

могательной камеры перетекают в основную камеру. Узкий соединительный канал способствует интенсивному перемешиванию и эффективному сгоранию остальной порции топлива, подаваемой форсункой.

Воздушно-вспомогательные камеры обеспечивают плавное повышение давления над поршнем и мягкую работу дизеля. Основными недостатками камер этого типа является сравнительно большой расход топлива и длительный период запаздывания воспламенения.

В дизелях встречаются и другие разнообразные камеры сгорания, однако большого распространения они не получили.

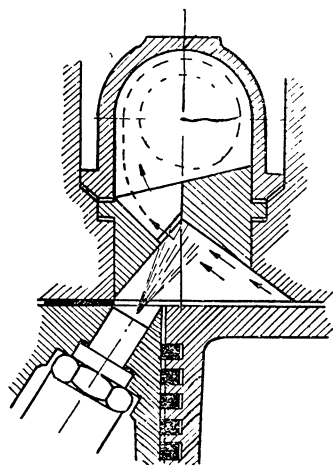


Рис. 47. Схема воздушно-вспомогательной камеры сгорания

СИСТЕМА ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Топливный бак

Запас топлива находится в баке, который изготавливается из тонкой листовой стали. Топливные баки на автомобилях и тракторах с дизелем по своему устройству не отличаются от баков, устанавливаемых на автомобилях с карбюраторными двигателями. В зависимости от мощности дизеля и назначения машины устанавливаются баки различной емкости.

На автомобиле МАЗ-200 устанавливается бак емкостью 225 л, на тракторе «Кировец Д-35» (КД-35) — емкостью 97 л, на тракторе ДТ-54 — емкостью 185 л, на тракторе С-80 — емкостью 230 л.

На автомобиле МАЗ-200 устанавливается бак емкостью 225 л, на тракторе «Кировец Д-35» (КД-35) — емкостью 97 л, на тракторе ДТ-54 — емкостью 185 л, на тракторе С-80 — емкостью 230 л.

Топливоподкачивающий насос

Для подачи топлива от бака к насосу высокого давления служит топливоподкачивающий насос. В современных дизелях применяются шестеренчатые, коловратные и поршневые топливоподкачивающие насосы.

На дизеле КДМ-46 устанавливается шестеренчатый топливоподкачивающий насос. При вращении шестерен 3 и 8 (рис. 48) топливо, поступающее через входной канал 1 в полость разрежения 2, захватывается зубьями и переносится

сится во впадинах между зубьями вдоль стенок корпуса 10 (как показано стрелками) в напорную полость 7. Далее через выходной канал 6 топливо направляется к насосу высокого давления. Шестерни 3 и 8 топливоподкачивающего насоса приводятся во вращение через шестерню 5 от валика привода регулятора и топливного насоса высокого давления. Топливоподкачивающий насос снабжен перепускным клапаном 9, не допускающим возрастания давления в магистрали более $1,1 \text{ кг/см}^2$.

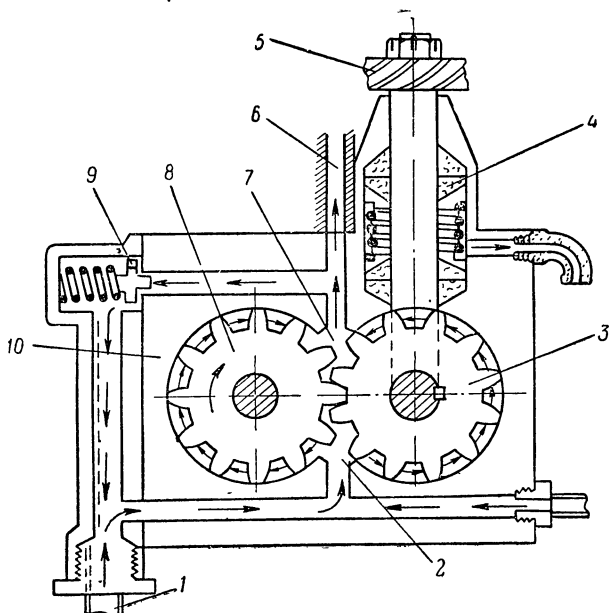


Рис. 48. Схема шестеренчатого топливоподкачивающего насоса дизеля КДМ-46:

1 — входной канал; 2 — полость разрежения; 3 и 8 — шестерни; 4 — сальники; 5 — шестерня привода; 6 — выходной канал; 7 — напорная полость; 9 — перепускной клапан; 10 — корпус насоса

На дизеле ЯАЗ-204 устанавливается топливоподкачивающий насос коловратного типа. Насос состоит из корпуса 4 (рис. 49) с крышкой 7 и фланцем 3, скрепленных болтами. В корпусе расположен вращающийся ротор 5 с валиком 1. Валик ротора уплотнен в корпусе двойным сальником 2. В прорезях ротора установлены подвижные лопатки 6, прижимаемые пружиной к внутренним стенкам корпуса. Внутренняя полость корпуса делится лопатками 6

на две камеры, из которых одна соединена с входным 8 отверстием, а другая с выходным 10.

При вращении ротора 5 топливо вытесняется через отверстие 10 к насосу высокого давления, одновременно через отверстие 8 поступает топливо из бака в полость корпуса.

Давление, под которым топливо нагнетается насосом, регулируется перепускным клапаном 9. Клапан помещается в канале, соединяющем входное и выходное отверстия насоса.

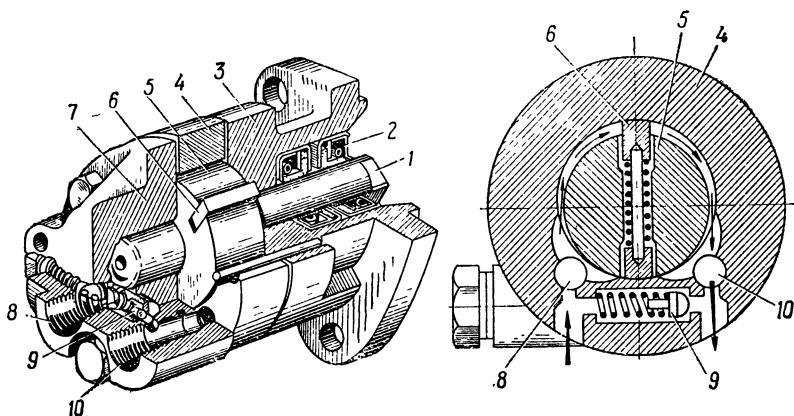


Рис. 49. Топливоподкачивающий насос коловратного типа дизеля ЯАЗ-204:

1 — валик ротора; 2 — сальник; 3 — фланец; 4 — корпус; 5 — ротор; 6 — лопатки; 7 — крышка; 8 — входное отверстие; 9 — перепускной клапан; 10 — выходное отверстие

Когда давление в выходном канале вследствие засорения фильтров, магистралей или загустения топлива превысит $3,7 \text{ кг/см}^2$, клапан откроется. Часть топлива при этом перетечет во входное отверстие и давление в выходном канале понизится.

На дизеле Д-35 устанавливается поршневой топливоподкачивающий насос. Он состоит из цилиндра 5 (рис. 50), в котором перемещается поршень 6. При набегании кулачка 1 на ролик 2 толкателя стержень 3 перемещает поршень 6 вниз (рис. 50, а), сжимая пружину 9. Поршень, двигаясь вниз, вытесняет находящееся под ним топливо. Впускной клапан 8 при этом закрыт, а нагнетательный 10 открыт, и топливо по перепускному каналу 12 заполняет рабочую полость 4 цилиндра 5. При сбегании кулачка с ролика

(рис. 50, б) поршень под действием пружины и стержень 3 поднимаются. Под поршнем создается разрежение, клапан 10 закрывается и через клапан 8 в полость 7 цилиндра начинает поступать топливо. Одновременно поршень выталкивает топливо из полости 4 по каналам 12 и 11 к насосу высокого давления.

Если дизель потребляет мало топлива, то поршень 6 не сможет протолкнуть топливо в заполненные каналы 12 и 11 и поднимется только до некоторого промежуточного поло-

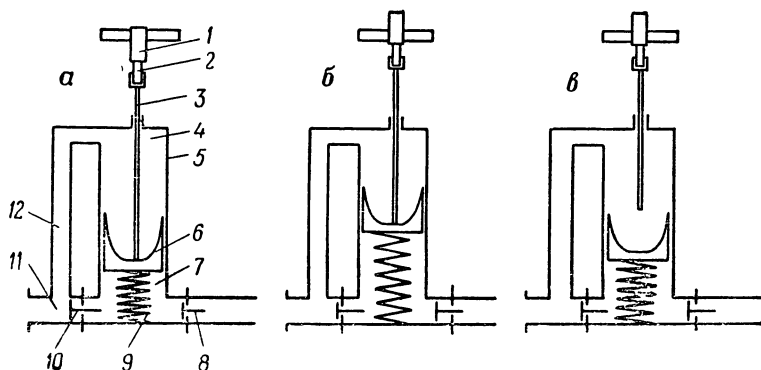


Рис. 50. Схема работы поршневого топливоподкачивающего насоса: 1 — кулачок; 2 — ролик толкателя; 3 — стержень; 4 — рабочая полость цилиндра; 5 — цилиндр; 6 — поршень; 7 — нижняя полость цилиндра; 8 — впускной клапан; 9 — пружина; 10 — нагнетательный клапан; 11 — канал к насосу высокого давления; 12 — перепускной канал

жения своего хода (рис. 50, в). Так как поршень 6 жестко не связан со стержнем 3, то стержень будет продолжать двигаться вверх и придет в соприкосновение с поршнем лишь при следующем своем ходе вниз. Рабочий ход поршня происходит под действием пружины 9. Величина его автоматически изменяется в зависимости от потребности дизеля в топливе.

Топливные фильтры

Детали насоса высокого давления и форсунки изготавливаются с большой степенью точности, а распыливающие отверстия форсунки очень малого диаметра и крайне чувствительны к наличию в топливе механических примесей. Если топливо недостаточно профильтровано, то детали насоса и форсунки будут быстро изнашиваться, нормальный

впрыск и смесеобразование нарушатся и дизель будет работать неудовлетворительно. Поэтому топливо для дизелей подвергается тщательной очистке как перед заливкой в баки, так и во время работы дизеля.

Очистка топлива во время работы дизеля производится фильтрами, которые включаются в топливную систему. Как

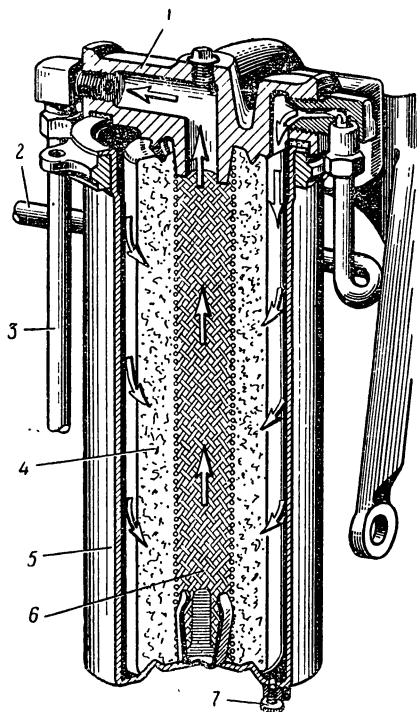


Рис. 51. Топливный фильтр грубой очистки топлива дизеля ЯАЗ-204;

1 — крышка; 2 — трубка подвода топлива; 3 — трубка отвода топлива; 4 — фильтрующий элемент; 5 — корпус; 6 — сетчатый каркас; 7 — спускная пробка

правило, топливо фильтруется дважды: первый раз — в фильтре грубой очистки, который устанавливается между баком и топливоподкачивающим насосом; второй раз — в фильтре тонкой очистки, который устанавливается перед насосом высокого давления.

В фильтрах грубой очистки топливо пропускается через набор фасонных латунных дисков, между которыми имеются щели величиной 0,05—0,10 мм, или через барабан из хлопчатобумажной пряжи или шнура.

В фильтрах тонкой очистки топливо пропускается через перфорированные барабаны, заполненные минеральной шерстью или хлопчатобумажной пряжей.

Фильтр грубой очистки топлива дизеля ЯАЗ-204 состоит из корпуса 5 (рис. 51), в который вставляется сменный фильтрующий элемент 4, и крышки 1, плотно закрывающей корпус. Фильтрующий элемент изготовляется из ворсистого хлопкового шнура, который навивается на сетчатый каркас 6.

Топливо подводится к фильтру по трубке 2 и отводится от него после фильтрации по трубке 3. При прохождении

через фильтр топливо очищается от грязи благодаря тому, что частицы прилипают к ворсинкам хлопка. В нижней части корпуса фильтра имеется спускная пробка 7.

Фильтр тонкой очистки топлива дизеля ЯАЗ-204 состоит из корпуса 4 (рис. 52), центрального стержня 3, головки 8 и фильтрующего элемента 10. Плотное прилегание фильтрующего элемента 10 к головке 8 обеспечивается пружиной 2. Между корпусом и головкой поставлена паронитовая прокладка 7. Для выпуска воздуха при заполнении системы служит отверстие в головке фильтра, закрываемое пробкой 6. В нижнюю часть центрального стержня ввернут спускной краник 1. Сменный фильтрующий элемент состоит из сварного каркаса с фланцами и перфорированной сердцевины, обмотанной искусственным шелком. На каркас наложен слой минеральной шерсти, образующей пористую твердую массу, скрепленную клеящим веществом.

В верхней части фильтрующего элемента поставлена пробковая прокладка, в нижней части — резиновая шайба, плотно охватывающая стержень 3. Благодаря этому все топливо, поступающее по трубке 5, проходит через фильтрующий элемент и через центральный канал направляется в топливоподающую магистраль.

Очистка топлива происходит при просачивании его по каналам между волокнами минеральной шерсти.

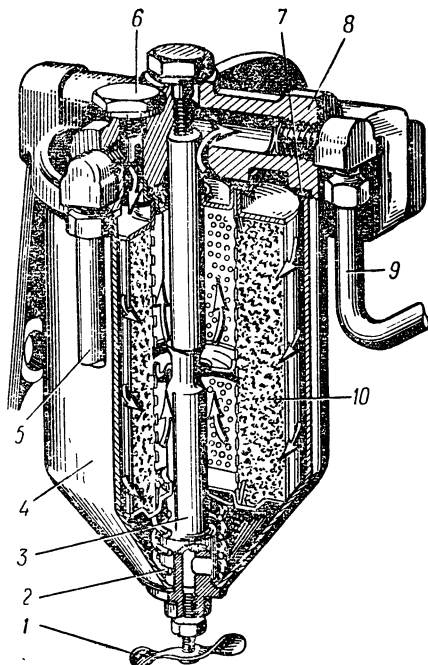


Рис. 52. Топливный фильтр тонкой очистки топлива дизеля ЯАЗ-204:

1 — спускной краник; 2 — пружина; 3 — центральный стержень; 4 — корпус; 5 — трубка подвода топлива; 6 — пробка воздушного отверстия; 7 — прокладка; 8 — головка; 9 — трубка отвода топлива; 10 — фильтрующий элемент

Топливопроводы

Топливопроводы, соединяющие топливный бак с топливоподкачивающим насосом и топливоподкачивающий насос с насосом высокого давления, обычно изготавливаются из латунных трубок диаметром 10—12 мм. Для топливопровода, соединяющего топливный насос высокого давления с форсунками, применяются цельнотянутые стальные трубки наружным диаметром 6—8 мм и внутренним 1,5—2 мм. Все трубки высокого давления на дизеле должны иметь примерно одинаковую длину. Это обеспечивает одинаковые условия подачи топлива к каждому цилиндру.

Топливный насос высокого давления

Назначение топливного насоса высокого давления — подавать топливо в цилиндры дизеля под необходимым давлением, в точно отмеренном количестве и в строго определенный момент. Кроме того, при изменении нагрузки и числа оборотов топливный насос позволяет изменять и момент подачи топлива.

Подача топлива в каждый цилиндр многоцилиндрового дизеля осуществляется отдельным насосом. Для компактности насосы всех цилиндров объединяются в общий блок.

Конструкции топливных насосов разнообразны. Наибольшее распространение получил насос золотникового типа. Четырехплунжерный насос золотникового типа устанавливается на дизеле КДМ-46.

Работает насос следующим образом. Кулачковый валик 6 (рис. 53) насоса приводится во вращение от коленчатого вала. При вращении кулачкового валика кулачок поднимает роликовый толкатель 4 и перемещает плунжер 9 вверх. При этом плунжер нагнетает топливо. При дальнейшем вращении кулачкового валика пружина 5 возвращает плунжер и толкатель в нижнее положение.

Плунжер перемещается внутри гильзы 1, которая вместе с плунжером составляет так называемую плунжерную пару насоса.

В отличие от газа, жидкости под давлением изменяют свой объем ничтожно мало. Однако при таком высоком давлении, какое применяется при впрыске топлива в цилиндр, жидкость заметно сжимается. При каждом ходе плунжера в цилиндр впрыскивается очень небольшое количество топлива, но даже такое небольшое изменение объема, какое имеет место при сжатии жидкости, может нарушить пра-

вильную дозировку подачи топлива. Чтобы уменьшить влияние сжимаемости топлива и обеспечить правильный впрыск в цилиндр, нагнетательное пространство выполняется очень малым по объему. Высокое давление не допускает также

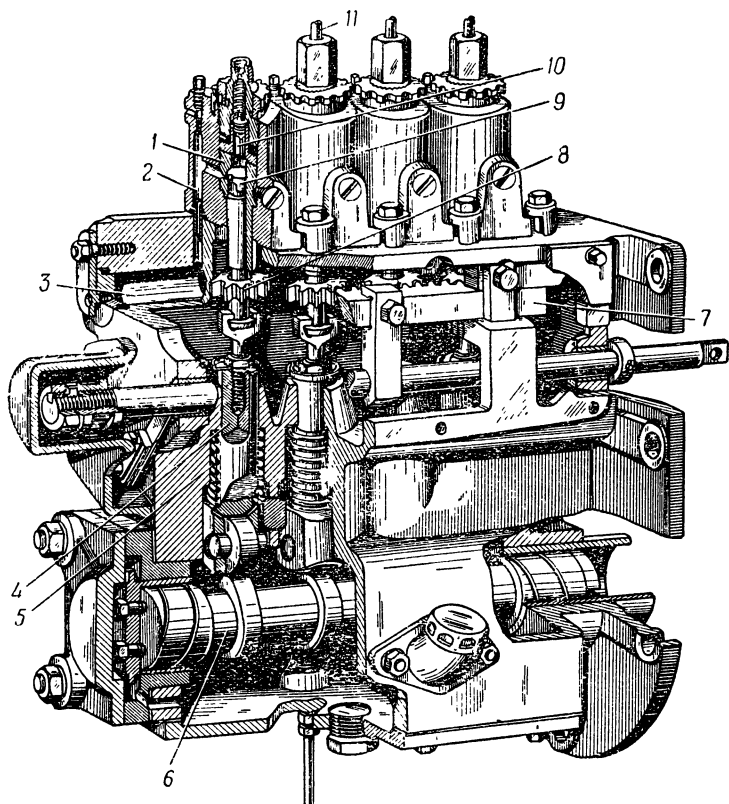


Рис. 53. Топливный насос высокого давления дизеля КДМ-46:
 1 — гильза; 2 и 3 — каналы подачи топлива; 4 — толкатель; 5 — пружина;
 6 — кулачковый валик; 7 — рейка; 8 — зубчатый сектор; 9 — плунжер; 10 —
 нагнетательный клапан; 11 — трубопровод высокого давления

применения уплотнительных устройств на плунжере. Вследствие этого детали насоса (и насос-форсунки) изготавливаются из специальных сталей. Плотность соприкосновения деталей достигается индивидуальной притиркой каждой пары, при этом зазор между двумя деталями доводится до 0,001—0,002 мм.

Схема работы плунжерной пары приведена на рис. 54. На верхнем конце плунжера имеется фасонная прорезь, а в гильзе — два отверстия. Когда плунжер находится в нижнем положении (рис. 54, *а*), оба отверстия 4 и 7 гильзы 5 открыты. Пространство 6 над плунжером через эти отверстия заполняется топливом из специальной камеры, к которой оно подводится по каналам 2 и 3 (рис. 53) из

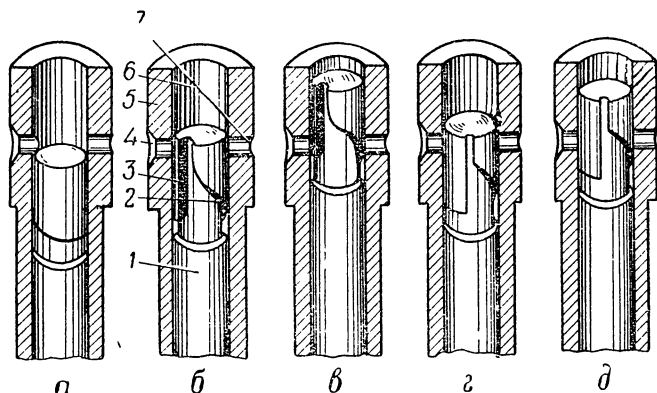


Рис. 54. Схема работы плунжерной пары топливного насоса:

а, б, в, г, д — различные положения плунжера; 1 — плунжер; 2 — винтовая кромка; 3 — вертикальный паз; 4 — левое всасывающее отверстие; 5 — гильза; 6 — надплунжерное пространство; 7 — правое всасывающее отверстие

топливоподкачивающего насоса. При движении плунжера вверх некоторое количество топлива вытесняется обратно в камеру. Вытеснение топлива продолжается до тех пор, пока плунжер не перекроет всасывающих отверстий 4 и 7 (рис. 54, *б*). При дальнейшем ходе плунжера вверх происходит подача топлива через нагнетательный клапан 10 (рис. 53) и трубопровод высокого давления 11 в форсунку соответствующего цилиндра. Конец подачи наступит тогда, когда винтовая кромка 2 (рис. 54, *в*) плунжера достигнет правого всасывающего отверстия 7. В этот момент пространство 6 над плунжером через вертикальный паз 3 и отверстие 7 окажется сообщенным с камерой для топлива, благодаря чему давление над плунжером упадет, нагнетательный клапан закроется и подача топлива прекратится. При последующем движении плунжера вверх нагнетательный клапан закрыт, происходит перепуск топлива из про-

странства 6 над плунжером по пазу 3 и через отверстие 7 в камеру для топлива.

Под действием возвратной пружины 5 (рис. 53) плунжер опускается. В надплунжерном пространстве создается разрежение. Когда верхняя кромка плунжера откроет всасывающие отверстия 4 и 7 гильзы (рис. 54, а), надплунжерное пространство 6 вновь заполнится топливом, подаваемым топливopодкачивающим насосом.

Таким образом, перекрытием всасывающих отверстий верхней кромкой плунжера определяется начало подачи топлива. Открытием правого всасывающего отверстия винтовой кромкой плунжера определяется конец подачи топлива.

Для изменения количества подаваемого топлива насос снабжен устройством, позволяющим поворачивать плунжер. При поворачивании плунжера момент перекрытия обоих всасывающих отверстий его верхней кромкой не изменяется (рис. 54, б и в), а момент открытия правого отверстия винтовой кромкой изменяется (рис. 54, в и д). Следовательно, изменяется продолжительность подачи, т. е. изменяется количество впрыскиваемого в цилиндры топлива.

Когда плунжер будет повернут настолько, что против правого всасывающего отверстия установится вертикальный паз, подача топлива прекратится. При таком положении плунжера надплунжерное пространство будет постоянно сообщаться через отверстие 7 с камерой, из которой подается топливо.

Для поворачивания плунжера 9 (рис. 53) на его нижнем конце установлен зубчатый сектор 8. С зубчатым сектором сцеплена рейка 7. Эта рейка посредством тяг и рычагов соединена с педалью, которая находится в кабине водителя, и с регулятором числа оборотов. При движении рейки плунжеры поворачиваются, меняется количество впрыскиваемого в цилиндры топлива и развиваемая двигателем мощность.

Нагнетательный клапан 10 (рис. 53) насоса отдельно показан на рис. 55. Он служит для разобщения надплунжерного пространства и форсунки. Одновременно нагнетательный клапан после впрыска разгружает от высокого давления трубопровод, идущий к форсунке.

На нагнетательном клапане имеется направляющий ребристый хвостовик 1, который может перемещаться в канале 2 над плунжером насоса. Продольные пазы заканчиваются кольцевой канавкой, над которой находится цилиндрический поясok 3. Диаметр пояска точно соответствует

диаметру канала насоса. Выше цилиндрической части имеется тарелка 4 с конической поверхностью. Тарелка клапана прижимается к седлу пружиной 5. При нагнетательном ходе плунжера насоса под давлением топлива в надплунжерном пространстве клапан приподнимается (положение, показанное на рис. 55). Из надплунжерного пространства топливо через пазы и кольцевую канавку проходит в нагнетательный трубопровод к форсунке. Когда давление в надплунжерном пространстве падает, пружина 5 закрывает клапан. Перед тем как тарелка клапана опустится на седло, в канал 2 войдет цилиндрический поясok 3 клапана. Благодаря этому перед закрытием клапана объем нагнетательного трубопровода, ведущего к форсунке, увеличивается на объем цилиндрического пояса. Это резко снижает давление в трубопроводе и предупреждает подтекание топлива из форсунки.

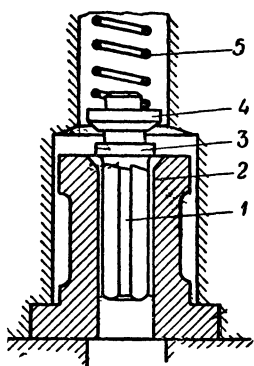


Рис. 55. Нагнетательный клапан топливного насоса:

- 1 — ребристый хвостовик;
2 — канал надплунжерного пространства; 3 — цилиндрический поясok; 4 — тарелка клапана; 5 — пружина

Как указывалось, впрыск топлива в цилиндры производится с некоторым опережением, т. е. до того, как поршень подойдет к верхней мертвой точке. Величина наивыгоднейшего опережения зависит от режима, при котором работает в данный момент дизель.

Тракторные дизели обычно работают при режимах, изменяющихся в очень небольших пределах. Поэтому их топливные насосы обеспечивают постоянный угол опережения впрыска (КДМ-46). В некоторых конструкциях все же предусматривается возможность менять угол опережения впрыска. Так, в дизеле Д-35, поворачивая кулачковый валик насоса относительно его привода на постоянный угол, можно обеспечить более раннее или более позднее набегание кулачка на толкатель плунжера. Угол поворота устанавливается заранее и во время работы дизеля не изменяется.

Автомобильные дизели работают при режимах, изменяющихся в широких пределах. Поэтому их топливные насосы должны обеспечивать возможность непрерывного изменения угла опережения впрыска как по желанию водителя, так и автоматически. На автомобильном дизеле

ЯАЗ-204 изменение угла опережения впрыска осуществляется при минимальных и максимальных оборотах автоматически, а при остальных режимах вручную.

Насос - форсунка

Топливный насос и форсунка в дизелях ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206 объединены в один агрегат, который носит название насос-форсунки. Насос-форсунка (рис. 56) устанавливается в головке на каждом цилиндре. Нижняя часть насос-форсунки отдельно показана на рис. 57. Топливо, подаваемое топливоподкачивающим насосом, через входной канал 1 и фильтр 2 попадает в кольцевую камеру 5, расположенную вокруг гильзы 12. Плунжер 4 перемещается вверх и вниз в гильзе 12. Полость гильзы соединена с кольцевой камерой двумя отверстиями 7 и 10. В нижней части плунжера имеется прорезь 13 с двумя винтовыми кромками 6 и 8.

Насос-форсунка приводится в действие от распределительного вала. Обратный ход плунжера обеспечивается пружиной 16.

В начале хода плунжера вниз топливо из полости под плунжером перепускается через отверстия 7 и 10 обратно

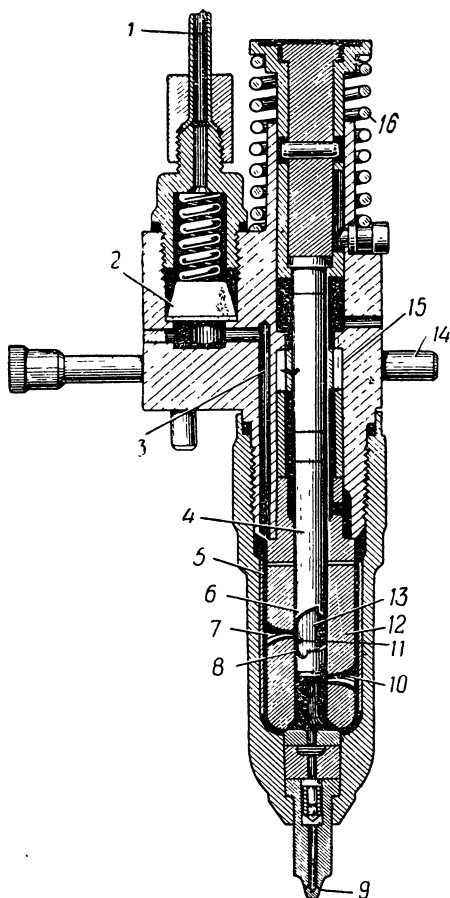


Рис. 56. Насос-форсунка дизеля ЯАЗ-204;

1 — канал подвода топлива; 2 — фильтр; 3 — канал; 4 — плунжер; 5 — кольцевая камера; 6 — верхняя кромка плунжера; 7 и 10 — соединительные отверстия; 8 — нижняя кромка плунжера; 9 — распылитель; 11 — сверления; 12 — гильза; 13 — прорезь плунжера 14 — рейка; 15 — шестерня плунжера; 16 — пружина

в кольцевую камеру 5. Когда нижний торец плунжера перекроет отверстие 10, топливо, оставшееся под плунжером, выдавливается через сверления 11 плунжера в его прорезь 13 и через отверстие 7 в кольцевую камеру 5 (рис. 57, а). Как только верхняя кромка 6 перекроет отверстие 7 (рис. 57, б), давление под плунжером возрастет и топливо будет впрыскиваться в цилиндр через отверстия распылителя 9 форсунки. Окончание впрыска определяется моментом открытия отверстия 10 нижней винтовой кромкой 8 (рис. 57, в), после чего топливо вновь перепускается в кольцевую камеру 5 (рис. 57, г).

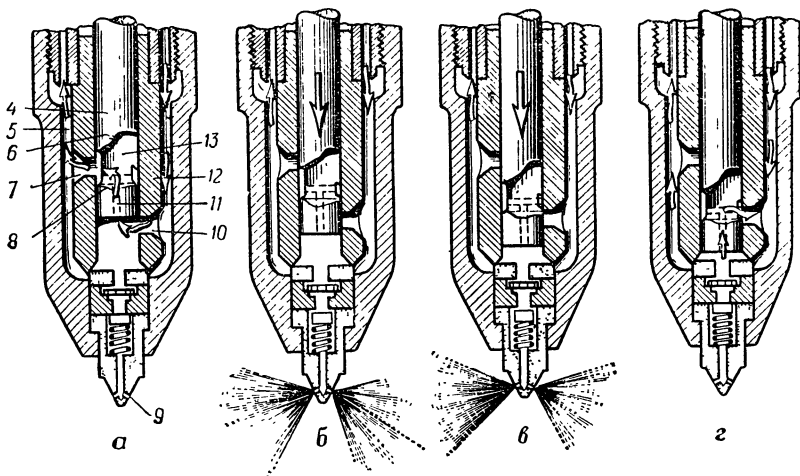


Рис. 57. Схема работы плунжерной пары насос-форсунки:

а, б, в, г — различные положения плунжера (детали обозначены теми же номерами, что и на рис. 56)

При поворачивании плунжера с помощью шестерни 15 и рейки 14 расположение винтовых кромок 6 и 8 меняется относительно отверстий 7 и 10. При крайних положениях рейки имеет место или полная (наибольшая) подача, или нулевая подача. В последнем случае отверстие 7 не перекрывается кромкой 6 в течение всего хода плунжера, все топливо перепускается обратно в кольцевую камеру и впрыска в цилиндр не происходит.

Винтовые кромки расположены так, что при увеличении количества подаваемого топлива моменты начала и конца подачи становятся более ранними. Винтовые кромки 8 и 6 имеют такой наклон, что конец подачи изменяется меньше,

чем начало. Таким образом, с увеличением подачи возрастает не только ее продолжительность, но увеличивается и угол опережения впрыска.

Заполнение рабочей полости насоса топливом происходит при движении плунжера вверх.

Избыток топлива из кольцевой камеры 5 отводится обратно в бак. Циркуляция топлива способствует охлаждению плунжерной пары и удалению пузырьков воздуха, который может попасть в систему и нарушить подачу топлива.

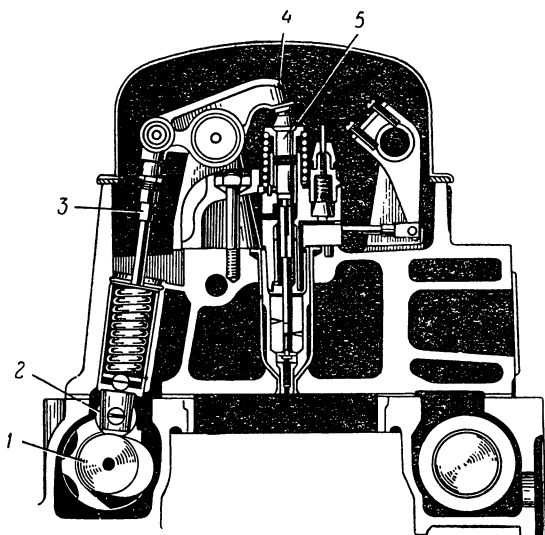


Рис. 58. Привод насос-форсунки дизеля ЯАЗ-204:
1 — распределительный вал; 2 — толкатель; 3 — штанга;
4 — коромысло; 5 — насос-форсунка

Привод насос-форсунки 5 (рис. 58) от распределительного вала 1 дизеля осуществляется через роликовый толкатель 2, штангу 3 и коромысло 4.

Форсунка

Форсунка служит для распыливания в камере сгорания топлива, подаваемого насосом высокого давления. Конструкция распылителя форсунки существенно влияет на процесс смесеобразования в дизеле. Для разных камер сгорания применяются форсунки различных типов, с разными распылителями.

В дизелях с непосредственным впрыском, где распыливание топлива и его распределение по всей камере сгорания должно быть обеспечено форсункой, применяются форсунки, подающие топливо в камеру сгорания под очень большим давлением через несколько отверстий малого диаметра. Так, например, в дизеле ЯАЗ-204 топливо подается

в камеру сгорания под давлением более тысячи атмосфер через шесть отверстий диаметром 0,15 мм каждое. Расположение распыляющих отверстий таково, что при впрыске топливо равномерно распределяется по всему объему камеры сгорания.

В предкамерных дизелях распыливание и перемешивание топлива с воздухом происходят не только при впрыске, но и при перетекании горючей смеси из вспомогательной камеры в основную. Поэтому для дизелей этого типа применяются форсунки, подающие топливо в камеру сгорания под давлением гораздо меньшим, чем в дизелях с непосредственным впрыском, и через одно отверстие большего диаметра. Так, в дизеле КДМ-46 топливо подается в камеру сгорания под давлением 300—600 ат через отверстие диаметром 0,645 мм.

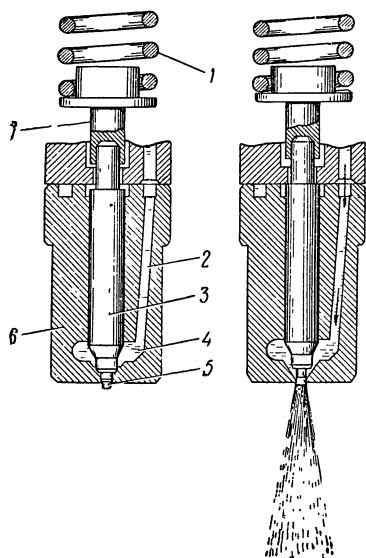


Рис. 59. Схема форсунки закрытого типа:

1 — пружина; 2 — канал для подачи топлива; 3 — игла; 4 — кольцевая выточка; 5 — конус; 6 — распылитель; 7 — стержень

В дизелях с вихревыми камерами распыливание и перемешивание топлива с воздухом обеспечиваются главным образом интенсивными завихрениями в вихревой камере. Для дизелей этого типа применяются форсунки, подающие топливо в камеру сгорания под таким же давлением, как и в предкамерных дизелях, через одно отверстие большого диаметра. Однако благодаря наличию завихрений в камере обеспечивается более тонкое распыливание топлива, чем в предкамерных дизелях.

Форсунки разделяются по своей конструкции на закрытые и открытые.

Закрытыми называются такие форсунки, внутренний канал которых разъединен с камерой сгорания специальной запорной иглой, открывающей отверстия распылителя только при впрыскивании горючего в цилиндр двигателя.

Открытыми называются такие форсунки, внутренний канал которых постоянно сообщается с камерой сгорания цилиндра двигателя.

Работа закрытой форсунки происходит следующим образом. Насос высокого давления подает топливо по каналу 2 (рис. 59) в кольцевую выточку 4 распылителя 6 форсунки. Выходное отверстие распылителя закрывается иглой 3, нижняя часть которой выполнена в виде конуса 5 и точно шлифована к выходному отверстию распылителя. Игла плотно прижата к своему седлу стержнем 7, на который давит пружина 1. Когда давление топлива, создаваемое насосом, возрастает настолько, что сила, действующая на иглу распылителя снизу, преодолет натяжение пружины 1, игла 3 приподнимается и топливо через отверстия распылителя впрыскивается в камеру сгорания дизеля.

Когда нагнетание топлива плунжером топливного насоса прекращается и давление в топливопроводе падает, игла под действием пружины 1 опускается и закрывает отверстие распылителя. Впрыскивание топлива в камеру сгорания прекращается.

На дизеле КДМ-46 установлена форсунка закрытого типа.

Основными деталями форсунки являются распылитель 11 (рис. 60) и игла 10. Высокое давление, под которым работают эти детали, обуславливает выбор материала для их изготовления, их обработку и размеры. Диаметр иглы равен 6 мм; она притирается к распылителю так, что диаметральный зазор не превышает 0,001—0,002 мм. Благодаря этому обеспечены плотность соединения и легкость движения иглы в распылителе. Размер и форма распыливающего отверстия доводятся также очень тщательно. Распылитель и игла изготавливаются из высококачественной стали и подвергаются тщательной механической и термической обработке.

Нижним коническим концом игла перекрывает распыливающее отверстие диаметром 0,645 мм, которое просверлено в доньшке 12 распылителя. Доньшко притирается к нижнему шлифованному торцу распылителя и фиксируется двумя установочными штифтами. Верхний сферический торец распылителя вместе с доньшком и иглой при-

жимается гайкой 13 к сферическому торцу корпуса 9 форсунки. После затяжки нажимная гайка 13 фиксируется стопором.

В центральном канале корпуса 9 свободно установлен

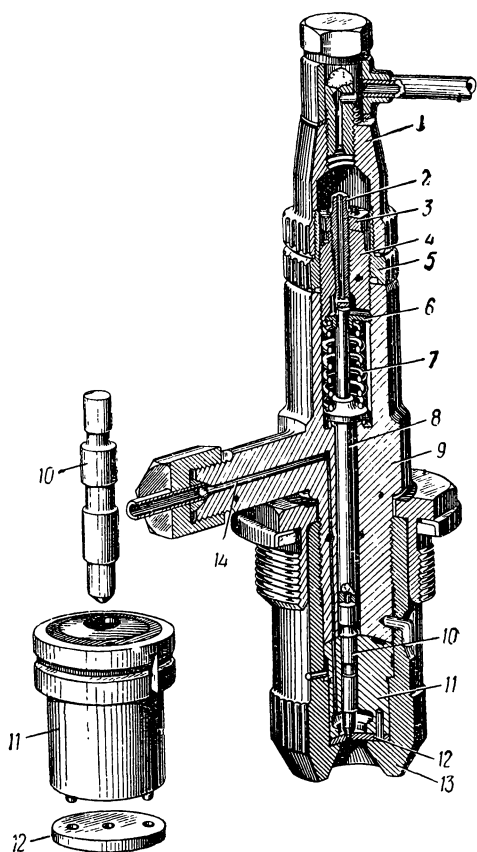


Рис. 60. Форсунка дизеля КДМ-46:

1 — колпак; 2 — ограничитель подъема иглы; 3 и 5 — фиксирующие гайки; 4 — регулировочная втулка; 6 — тарелка; 7 — пружина; 8 — нажимной стержень; 9 — корпус; 10 — игла; 11 — распылитель; 12 — дюнышко; 13 — нажимная гайка; 14 — канал подачи топлива

нажимной стержень 8. Нижним сферическим торцом этот стержень соприкасается со сферическим торцом иглы 10. Такая конструкция обеспечивает точную установку нажимного стержня относительно иглы и предупреждает соскакивание его с последней. На верхнем конце стержня имеется тарелка, на которую опирается пружина 7. Верхним концом пружина опирается на тарелку 6. Сила нажатия пружины регулируется втулкой 4, которая стопорится в определенном положении гайкой 5. Через регулировочную втулку проходит ограничитель 2 подъема иглы. Положение ограничителя регулируется на заводе так, что подъем иглы находится в пределах 0,20—0,25 мм и фиксируется

гайкой 3. На переходную гайку навинчен колпак 1 форсунки, который служит для предотвращения попадания грязи и подтекания топлива.

Когда давление над плунжером топливного насоса пре-

одолеет сопротивление пружины нагнетательного клапана, топливо поступит к форсунке по трубопроводу высокого давления. По каналу 14 топливо подается в нижнюю камеру распылителя. В камере топливо, преодолевая сопротивление пружины 7, поднимает иглу 10 и, проходя через распыливающее отверстие, впрыскивается в предкамеру дизеля.

Давление, при котором начинается подъем (отрыв) иглы распылителя, равно 120 кг/см^2 . Его величина определяется натяжением пружины 7, регулируемой на заводе при сборке с точностью до 5 кг/см^2 . Давление, с которым происходит дальнейший впрыск топлива в цилиндр, определяется нагнетательным ходом плунжера топливного насоса и достигает $300\text{—}600 \text{ кг/см}^2$ в зависимости от режима работы дизеля.

Оканчивается подача в момент, когда винтовая кромка 2 плунжера (см. рис. 54) откроет отверстие 7 гильзы. При этом надплунжерное пространство и вся система, находящаяся под высоким давлением, окажутся сообщенными через вертикальный паз с камерой, к которой топливо поступает от топливopодкачивающего насоса. Давление в нагнетательной системе упадет, и нагнетательный клапан опустится на свое седло. При посадке нагнетательного клапана его цилиндрический поясok 3 (см. рис. 55) снижает давление в трубопроводе высокого давления. Игла распылителя форсунки под действием пружины 7 (рис. 60) быстро закрывает распыливающее отверстие, и происходит резкая отсечка впрыска топлива.

Так как топливо в системе находится под высоким давлением, то оно просачивается между иглой и распылителем. При этом заполняется центральный канал корпуса 9 форсунки. По каналу в ограничителе 2 и через специальный штуцер топливо отводится к топливopодкачивающему насосу.

Закрытые форсунки в зависимости от конструкции запорной иглы разделяются на бесштифтовые и штифтовые.

На конце иглы бесштифтовой форсунки (рис. 61, а) имеется запорный конус, а в распылителе — несколько отверстий диаметром $0,15\text{—}0,60 \text{ мм}$. Через эти отверстия топливо распыливается по всей камере сгорания. Бесштифтовые форсунки применяются чаще всего на дизелях с неразделенными камерами сгорания.

На конце иглы штифтовой форсунки (рис. 61, б) имеется цилиндрический или в виде обратного конуса на-

конечник, а в распылителе — только одно отверстие, перекрываемое иглой. При подъеме иглы струя топлива ударяется о когус наконечника и образует веер распыленного топлива. Угол конуса наконечника определяет угол распыливания горючего (см. рис. 59).

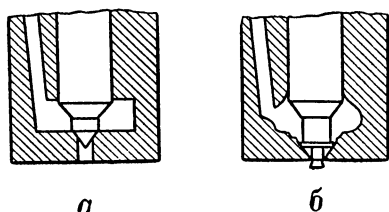


Рис. 61. Типы закрытых форсунок:
а — бесштифтовая; б — штифтовая

Диаметр распыливающего отверстия штифтовой форсунки больше, чем диаметры распыливающих отверстий форсунок других типов. Так, например, диаметр распыливающего отверстия штифтовой форсунки дизеля Д-35 равен 1,5 мм, а диаметр распыливающего отверстия бесштифтовой форсунки дизеля КДМ-46 равен 0,635 мм. Штифтовые форсунки реже засоряются, что облегчает уход за дизелем.

Как указывалось выше, наряду с закрытыми форсунками применяются и открытые форсунки. Основным преимуществом открытых форсунок является простота устройства и отсутствие движущихся частей (запорной иглы и пр.). К недостаткам их следует отнести резкое изменение давления впрыска в зависимости от режима работы двигателя, а также подтекание топлива.

Открытые форсунки применяются в дизелях, снабженных насосами высокого давления с резкой отсечкой подачи топлива, и снабжаются специальным клапаном для отсечки.

Открытая форсунка дизеля ЯАЗ-204 конструктивно объединена с насосом высокого давления. Для лучшей отсечки моментов начала и конца впрыска, а также во избежание подтекания топлива форсунка снабжена контрольным клапаном 3 (рис. 62) с пружиной 4. Топливо, нагнетаемое плунжером топливного насоса, обходит плоский клапан 1 и отжимает клапан 3, нагруженный пружиной 4, к упору 5. В нижней части упора 5 имеются прорези,

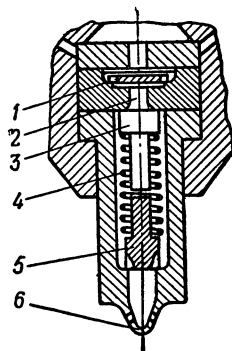


Рис. 62. Схема открытой форсунки дизеля ЯАЗ-204:

- 1 — плоский клапан; 2 — канал;
- 3 — контрольный клапан; 4 — пружина; 5 — упор контрольного клапана; 6 — распылитель

через которые топливо подходит к отверстиям распылителя *б* и впрыскивается в камеру сгорания дизеля. Давление, при котором происходит открытие контрольного клапана *з* и начинается впрыск топлива, равно примерно 50 кг/см^2 . Давление, с которым происходит дальнейший впрыск топлива в цилиндр, определяется нагнетательным ходом плунжера насоса и при 2000 об/мин достигает 1400 кг/см^2 . При окончании нагнетания топлива плунжером насоса пружина *4* прижимает контрольный клапан к каналу *2* и подача топлива к распыливающим отверстиям резко прекращается. Плоский клапан *1* предупреждает обратное движение топлива из форсунки при движении плунжера насоса вверх, а также препятствует проникновению продуктов сгорания в топливную систему при неплотной посадке контрольного клапана.

Топливо, применяемое для дизелей

Топливо, применяемое для дизелей, получается в результате переработки нефти, называемой фракционной перегонкой. Фракционная перегонка заключается в том, что нефть нагревается, а выделяющиеся при этом пары улавливаются и конденсируются в холодильниках. Нефть состоит из химических соединений углерода с водородом, обладающих неодинаковыми температурами кипения. Поэтому при нагревании из нее начинают выделяться пары сначала наиболее легко кипящих углеводородов, а по мере повышения температуры — и более высоко кипящих. Пары нефти, образовавшиеся при разных температурах подогрева, улавливаются и конденсируются в отдельных сосудах. Углеводороды, выкипающие при нагревании до 200°C , образуют при конденсации группу бензинов. Углеводороды, выкипающие при нагревании до 300°C , образуют при конденсации группу керосинов, а выкипающие до 350°C — группу дизельных топлив.

Теплотворная способность дизельных топлив достигает 10 тысяч калорий на 1 кг топлива и лишь немного ниже теплотворной способности бензина.

Полученные при перегонке нефти продукты подвергаются дальнейшей обработке и очистке от примесей. Особенно серьезное внимание обращается на очистку дизельных топлив от механических примесей, серы, водорастворимых кислот и щелочей. Это объясняется тем, что основные агрегаты топливной системы и особенно такие узлы, как

плунжерная пара насоса и игла форсунки, а также отверстия распылителя изготовлены с большой степенью точности, поэтому наличие в топливе даже мельчайших посторонних частиц приводит к быстрому засорению и износу топливной аппаратуры, в результате чего нормальный процесс впрыска и смесеобразования нарушается. Сера, кислоты и щелочи способствуют коррозии цилиндров и топливной аппаратуры, а потому их присутствие в топливе также недопустимо.

Важнейшим свойством топлива для дизелей является его вязкость. Чрезмерно вязкое топливо недостаточно мелко распыливается при впрыске в камеру сгорания и хуже перемешивается с воздухом. Это влечет неполное сгорание впрыскиваемого топлива. При очень маловязком топливе уменьшается дальнобойность струи впрыскиваемого топлива. Это обуславливает неравномерное распределение топлива в камере сгорания и ведет к его перерасходу.

От сорта применяемого топлива в большой степени зависит величина периода задержки воспламенения. Склонность топлива к воспламенению в двигателе оценивается так называемым цетановым числом. Цетановое число определяется сравнительными испытаниями оцениваемого топлива и смеси двух химических соединений: цетана и альфа-метилнафталина. Испытания проводятся на специальном одноцилиндровом двигателе с переменной степенью сжатия. Процентное содержание цетана в такой смеси, которая по воспламеняемости в двигателе равноценна испытываемому топливу, называется цетановым числом этого топлива.

Чем выше цетановое число топлива, тем быстрее оно воспламеняется в камере сгорания после начала впрыска, тем, следовательно, короче период запаздывания воспламенения.

Для тракторных дизелей КДМ-46, Д-54 и Д-35 применяется дизельное топливо, соответствующее ГОСТ 305—42. Дизельное топливо выпускается двух сортов: летнее и зимнее. Эти сорта отличаются один от другого температурой застывания.

Для двухтактных дизелей ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206 требуется топливо более высокого качества. Это вызывается тем, что время, в течение которого происходит процесс смесеобразования, в двухтактных дизелях меньше, чем в четырехтактных. Кроме того, на дизелях ЯАЗ камера сгорания неразделенная, поэтому применяемое топливо должно обла-

дать лучшей испаряемостью и быстрее воспламеняться в камере сгорания после начала впрыска.

Испаряемость дизельных топлив оценивается по их фракционному составу, а склонность к воспламенению в двигателе — по цетановому числу.

Для быстроходных дизелей с непосредственным впрыском выпускается топливо по ГОСТ 4749—49 облегченного фракционного состава с цетановым числом 40. Ниже приводится характеристика дизельных топлив.

| Физико-химические свойства | Показатели по маркам топлива | | | | |
|---|--|-----------|-----------|--|----------|
| | топливо для быстроходных дизелей ГОСТ 4749—49 (с изменениями, внесенными в стандарт) | | | топливо дизельное автотракторное ГОСТ 305—42 | |
| | арктическое ДА | зимнее Дз | летнее ДЛ | зимнее З | летнее Л |
| Цетановое число не менее | 40 | 40 | 45 | — | — |
| Фракционный состав: | | | | | |
| 10% отгоняется при температуре в °С не ниже | 200 | 200 | — | — | — |
| 50% отгоняется при температуре в °С не выше | 255 | 275 | 290 | 300 | 300 |
| 85% отгоняется при температуре в °С не выше | — | — | — | 350 | 350 |
| 90% отгоняется при температуре в °С не выше | 300 | 335 | 350 | — | — |
| Кинематическая вязкость при 20°С в сст | 2,5—4,0 | 3,5—6,0 | 3,5—8,0 | 5,0—8,5 | 5,0—8,5 |
| Кислотность в мг КОН на 100 мл топлива не более | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| Зольность в % не более | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 0,025 |
| Содержание серы в % не более | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Температура вспышки в °С не ниже | 35 | 50 | 60 | 65 | 65 |
| Температура застывания в °С не выше | —60 | —45 | —10 | —35 | —10 |

Регулирование подачи топлива

Мощность и обороты, развиваемые дизелем во время работы, изменяются в широких пределах. В зависимости от сопротивления, которое в данный момент должен преодолевать автомобиль или трактор, водитель выбирает тот или иной режим работы двигателя. Такой выбор не всегда может оказаться удачным, вследствие чего дизель будет работать неэкономично, с чрезмерно большим числом оборотов и т. д.

В связи с этим на дизелях ставятся специальные регуляторы, которые автоматически не допускают работу дизеля на опасных режимах и обеспечивают его эффективную работу на всех рабочих режимах.

На автомобильных дизелях устанавливаются регуляторы, которые ограничивают максимальные обороты двигателя и обеспечивают минимальные устойчивые обороты при холостом ходе. Эти регуляторы автоматически действуют только при двух режимах работы дизеля — при максимальных и при минимальных оборотах коленчатого вала, вследствие чего и получили название двухрежимных. Регулирование максимального числа оборотов необходимо для предохранения дизеля от работы с чрезмерно большим числом оборотов, при котором резко возрастают напряжения деталей и их износ. Необходимость автоматически ограничивать минимальные обороты дизеля вызвана тем, что при малых оборотах коленчатого вала процесс подачи топлива насосом и смесеобразование в дизеле значительно ухудшаются. Поэтому, если число оборотов коленчатого вала будет ниже определенного предела, то дизель будет работать неустойчиво и часто останавливаться. Запуск же дизеля сравнительно сложен и обычно связан с излишним расходом энергии аккумуляторов и топлива.

На тракторных дизелях устанавливаются регуляторы, которые не только ограничивают максимальные и минимальные обороты коленчатого вала, но и поддерживают выбранный водителем скоростной режим дизеля независимо от величины сопротивления, преодолеваемого трактором. Эти регуляторы автоматически действуют при всех режимах работы дизеля, вследствие чего и получили название всережимных. Необходимость установки на тракторе всережимного регулятора вызвана следующим. Землеобрабатывающие машины, буксируемые трактором, постоянно встречают различное сопротивление грунта. Вследствие этого нагрузка на крюке меняется, в то время как развиваемая

дизелем мощность остается прежней. Это приводит к тому, что при уменьшении сопротивления скорость движения трактора возрастает, а при увеличении, наоборот, скорость уменьшается. Непостоянство скорости трактора влечет неравномерное качество обработки грунта, неправильную работу прицепных машин и поэтому недопустимо. Всережимные регуляторы обеспечивают постоянную скорость трактора, несмотря на меняющуюся нагрузку на крюке.

Работа большинства регуляторов основана на том, что при изменении числа оборотов коленчатого вала связанный с ним центробежный механизм действует на рейку насоса высокого давления. При этом количество подаваемого в цилиндры двигателя топлива, а следовательно, и величина крутящего момента соответственно меняются.

Двухрежимный регулятор дизеля ЯАЗ-204

Регулятор устроен следующим образом. Приводной вал 1 (рис. 63) регулятора связан шлицованной соединительной муфтой с цапфой ротора нагнетателя и вращается в 1,95 раза быстрее коленчатого вала. Передний конец вала опирается на подшипник 8. На заднем конце вала закреплена державка 2 больших и малых центробежных грузов 4 и 5. При вращении вала 1 и державки 2 грузы 4 и 5 вращаются и под действием центробежных сил расходятся в стороны.

Большие грузы начинают расходиться при малых оборотах. Когда коленчатый вал развивает 700—800 оборотов в минуту, большие грузы расходятся уже полностью.

Малые грузы при небольших оборотах разводятся в стороны большими грузами, опирающимися на них обработанными выступами. Полностью малые грузы расходятся только при больших оборотах. Расхождение малых грузов ограничивается упором их лапок 3 в торец втулки 6. Втулка 6 через упорный шариковый подшипник 7 и вилку 9 поворачивает вертикальный вал 10.

На верхнем конце вертикального вала 10 закреплён двуплечий рычаг 19 (рис. 64). На левом плече рычага 19 посредством цапфы шарнирно установлен дифференциальный рычаг 20. На конце правого плеча ввернут упорный винт 13 с контргайкой, который упирается в стакан 12 пружины 11 холостого хода. Дифференциальный рычаг 20 (рис. 63) посредством тяги 21 связан с валиком 33, на котором закреплены рычаги 32, управляющие рейками 31 насосфорсунок 30. Короткое плечо дифференциального рычага 20

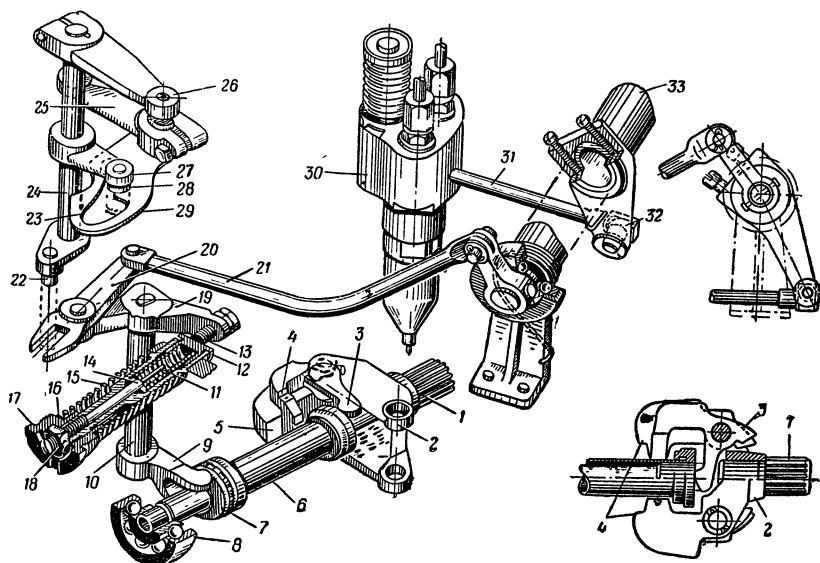


Рис. 63. Схема двухрежимного регулятора дизеля ЯАЗ-204:

1 — вал; 2 — державка; 3 — лапки малых грузов; 4 — малые грузы; 5 — большие грузы; 6 — втулка; 7 — упорный подшипник; 8 — передний подшипник; 9 — вилка; 10 — вертикальный вал; 11 — пружина холостого хода; 12 — стакан; 13 — упорный винт холостого хода; 14 — регулировочный болт; 15 — пружина максимальных оборотов; 16 — регулировочные прокладки; 17 — регулировочная гайка пружины максимальных оборотов; 18 — регулировочная гайка пружины холостого хода; 19 — двуплечий рычаг; 20 — дифференциальный рычаг; 21 — тяга; 22 — цапфа; 23 — вырез; 24 — кривошипный вал; 25 — рычаг остановки двигателя; 26 — рычаг управления подачей топлива; 27 — рычаг, ограничивающий подачу топлива; 28 — палец; 29 — ограничительный сектор; 30 — насос-форсунка; 31 — рейка; 32 — рычаг; 33 — валик привода реек

выполнено в виде вилки и охватывает цапфу 22 кривошипного вала 24. Вал 24 установлен в бобышке крышки регулятора. На выходящем из крышки конце вала установлены рычаги 26 и 27. Рычаг 26 связан с педалью управления подачей топлива. Палец 28 рычага 27 входит в фасонный вырез 23 ограничительного сектора 29. На секторе закреплен рычаг 25, который связан с тросом управления остановкой дизеля.

При различных режимах дизеля регулятор работает следующим образом.

Положение деталей регулятора, приведенное на рис. 63, соответствует моменту запуска дизеля. Рычаг 26 управления подачей топлива устанавливается в положение, при котором палец 28 рычага 27 упирается во внутренний вырез ограничительного сектора. Рейки топливного насоса при

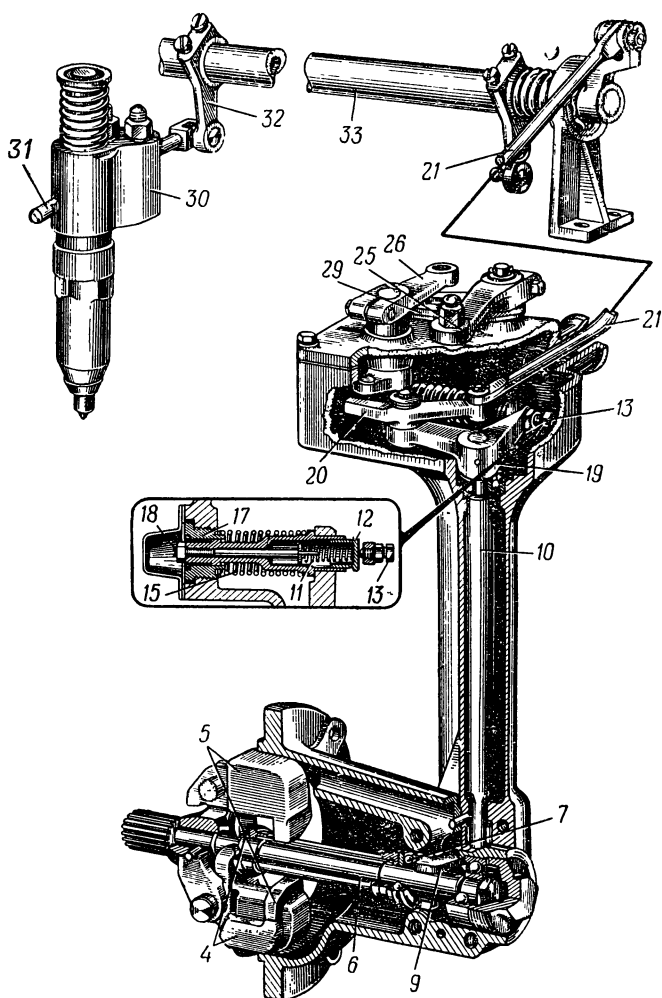


Рис. 64. Двухрежимный регулятор дизеля ЯА3-204 в разрезе (детали обозначены теми же номерами, что и на рис. 63)

этом полностью выдвинуты, что обеспечивает максимальную подачу топлива и наиболее благоприятные условия для запуска дизеля. Как только дизель начнет работать, большие грузы 5 регулятора под влиянием центробежной силы будут расходиться и разведут малые грузы 4. Последние

лапками 3 передвинут втулку 6, благодаря чему повернется вертикальный вал 10 и закрепленный на нем рычаг 19. Через винт 13 рычаг нажмет на стакан 12 пружины холостого хода. Благодаря этому начнет сжиматься находящаяся в гильзе пружина 11 холостого хода. Другой конец пружины 11 через тарелку упирается в болт 14, ввернутый в тело плунжера и допускающий регулировку натяжения пружины. При сжатии пружины 11 рычаг 19 повернется относительно цапфы 22 кривошипного вала 24, произойдет передвижение реек насоса и некоторое уменьшение подачи топлива в цилиндры. При 400—500 оборотах коленчатого вала в минуту — оборотах, наиболее благоприятных для режима холостого хода, — между усилием пружины 11 и центробежной силой, развиваемой грузами, устанавливается равновесие.

Если число оборотов уменьшится, большие и малые грузы начнут сходиться, вертикальный вал 10 и рычаг 19 повернутся и увеличат подачу топлива, благодаря чему обороты коленчатого вала вновь возрастут до 400—500 в минуту.

Упорный винт 13 с пружинным амортизатором служит для регулировки минимальных устойчивых оборотов коленчатого вала, если после регулировки с помощью болта 14 и гайки 18 дизель работает неустойчиво.

При нажмем на педаль управления подачей топлива связанной с нею рычаг 25, а вместе с ним и сектор 29 начнут поворачиваться против часовой стрелки. Скольжение пальца 28 по прорези 23 обуславливает поворот рычага 27 с валом 24, цапфы 22 и тяги 21, связанной с рейкой 31. Происходит увеличение подачи топлива в цилиндры. С увеличением числа оборотов большие грузы 5 расходятся. При этом благодаря расхождению малых грузов 4 сжимается пружина 11 холостого хода. При 800—900 об/мин хвостовики больших грузов упрутся в ступицу державки.

При дальнейшем увеличении числа оборотов до 1950—2050 в минуту центробежной силы малых грузов недостаточно для того, чтобы преодолеть натяжение пружины 15 максимальных оборотов. Регулятор перестает воздействовать на дизель, число оборотов дизеля регулируется водителем.

При числе оборотов 1950—2050 в минуту центробежная сила малых грузов 4 возрастает настолько, что пружина 15 под ее воздействием начинает сжиматься. Малые грузы полностью расходятся и, воздействуя на лапки 3, втулку 6 и

вилку 9, поворачивают вертикальный вал 10 и рычаг 19. Последний, нажимая упорным винтом 13 через стакан 12 на гильзу, сжимает пружину 15. При повороте рычага 19 рычаг 20 через тягу 21 передвинет рейки насос-форсунок, вследствие чего уменьшится подача топлива в цилиндры и дальнейшее увеличение числа оборотов автоматически прекратится.

Натяжение пружины 15, а следовательно, и максимальные обороты коленчатого вала регулируются гайкой 17 и прокладками 16.

Для остановки дизеля водитель посредством специальной кнопки, связанной гибким тросом с рычагом 25, поворачивает палец 28 рычага 27 по вырезу сектора 29 до отказа. При этом поворачивается вал 24 и рейки насос-форсунок передвигаются в положение нулевой подачи.

Таким образом, регулятор автоматически управляет дизелем только при двух режимах его работы: поддерживает устойчивые обороты на холостом ходу и ограничивает максимальные обороты коленчатого вала. При всех остальных режимах число оборотов коленчатого вала устанавливается по желанию водителя.

Всережимный регулятор дизеля КДМ-46

На рис. 65 показана схема всережимного регулятора дизеля КДМ-46, а на рис. 66 — общий вид и установка регулятора на дизеле.

Вращение коленчатого вала дизеля через распределительные шестерни передается шестерне привода топливного насоса и регулятора. Шестерня закреплена на валике 27 (рис. 65) привода регулятора, от которого вращение через пару конических шестерен 26 и 28 передается на вертикальный валик 25. На этом валике установлены грузы 24 регулятора. При вращении валика 25 грузы под влиянием центробежной силы расходятся и поворачиваются на своих осях. Поворачиваясь, грузы нажимают на муфту 22 и перемещают ее вверх, вдоль оси вертикального валика. На муфте установлен упорный шариковый подшипник 21, который, нажимая на ролики 19, перемещает сдвоенный рычаг 18. Левый горизонтальный конец рычага 18 связан с пружиной 16 регулятора. Правый нижний конец 23 рычага 18 соединительной тягой 10 связан с тягой 4 рейки 3 топливного насоса 2. При вертикальном перемещении муфты 22 рычаг 18 поворачивается на оси 20. Нижний конец пружины 16 связан со средним плечом 11 трехплечевого рычага. Этот рычаг

установлен на шлицованном валике 13, конец которого выходит из корпуса регулятора, и при помощи наружного рычага 15 и системы тяг 5, 9 и рычага 6 соединен с рычагом 1 управления подачей топлива. Ход среднего плеча 11 рычага 17 ограничивается упорами 8 и 14, определяющими максимальную и минимальную подачи топлива. Упоры установлены в корпусе регулятора и регулируются специальными болтами.

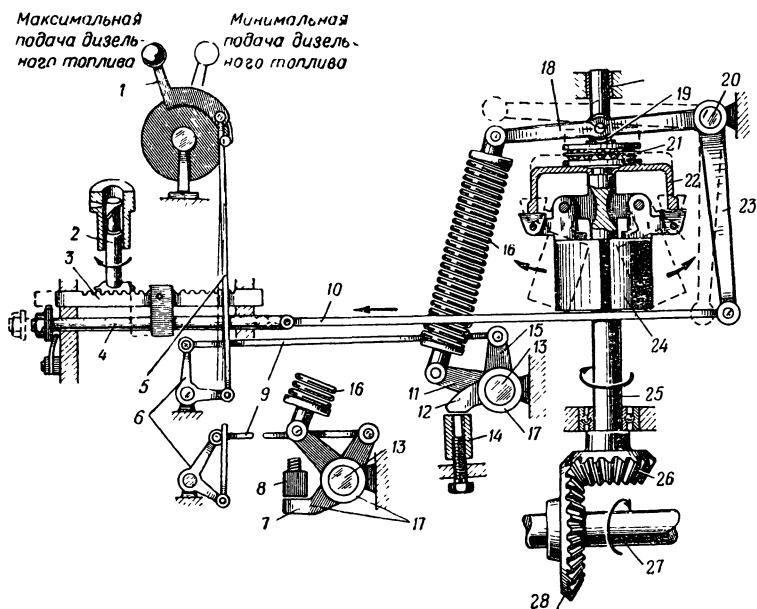


Рис. 65. Схема всережимного регулятора дизеля КДМ-46:

1 — рычаг управления подачей топлива; 2 — топливный насос; 3 — рейка; 4 — тяга рейки; 5, 9 и 10 — тяги; 6 — двуплечий рычаг; 7, 11 и 12 — плечи трехплечего рычага; 8 и 14 — упоры; 13 — шлицованный валик трехплечего рычага; 15 — наружный рычаг; 16 — пружина; 17 — трехплечий рычаг; 18 — двоянный рычаг; 19 — ролик; 20 — ось поворота двоянного рычага; 21 — упорный подшипник; 22 — муфта; 23 — нижний конец рычага 18; 24 — грузы; 25 — вертикальный валик; 26 и 28 — конические шестерни; 27 — валик привода

При движении трактора с неизменным режимом работы дизеля устанавливается равновесие между центробежной силой грузов 24 и натяжением пружины 16. Муфта 22 при этом занимает промежуточное положение, при котором связанная с ней через рычаг 23 и тягу 10 рейка топливного насоса обеспечивает подачу топлива, соответствующую данному режиму работы дизеля.

Как только трактор встретит дополнительное сопротивление и число оборотов дизеля начнет уменьшаться, грузы 24 вследствие уменьшения центробежной силы сблизятся. Муфта 22 при этом опустится, а рычаг 18 повернется

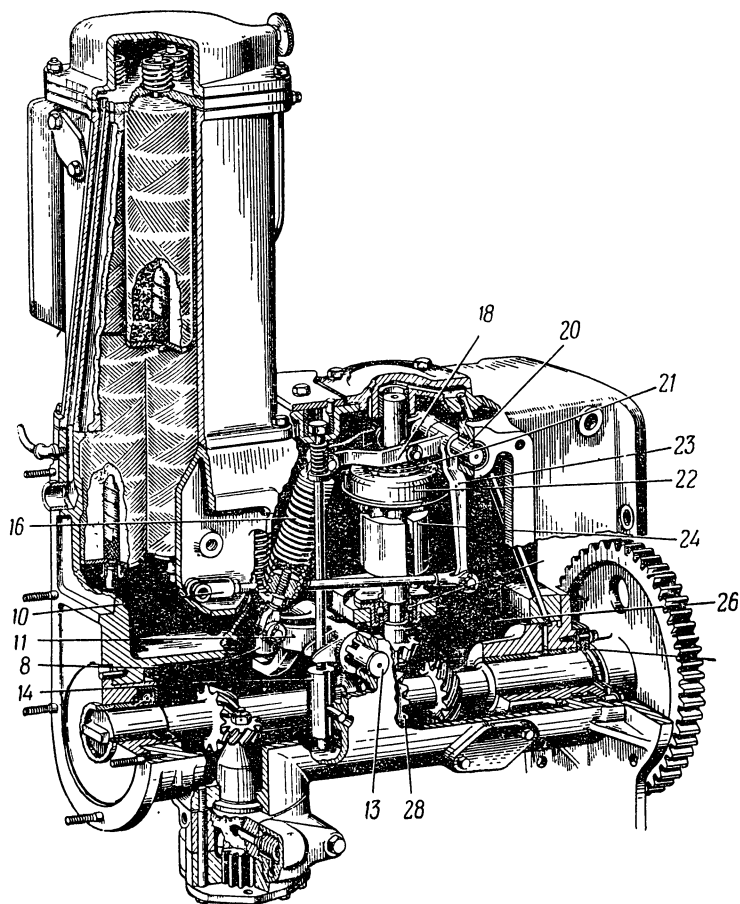


Рис. 66. Общий вид и установка всережимного регулятора дизеля КДМ-46 (детали обозначены теми же номерами, что и на рис. 65)

вокруг оси 20 и через тягу 10 увеличит подачу топлива в цилиндры. Это приведет к увеличению крутящего момента, развиваемого дизелем, и трактор будет преодолевать возросшее сопротивление примерно с прежней скоростью.

При уменьшении сопротивления трактору обороты коленчатого вала возрастут и тяга *10* обеспечит уменьшение подачи топлива, а следовательно, и крутящего момента дизеля, в результате чего сохранится постоянная скорость трактора.

Таким образом, всережимный регулятор обеспечивает устойчивую работу дизеля при всех скоростных режимах независимо от изменения сопротивления движению трактора.

Для работы дизеля с минимальными устойчивыми оборотами холостого хода рычаг *1* управления подачей топлива устанавливается в правое (на рисунке) положение. Трехплечий рычаг поворачивается до соприкосновения плеча *7* с упором *8*. Натяжение пружины *16* при таком положении рычага *17* уменьшается. В результате под действием даже небольшой центробежной силы грузов *24* рычаг *18* поворачивается и соответственно уменьшается подача топлива. Винт упора регулируется таким образом, что регулятор обеспечивает устойчивую работу дизеля при 500 ± 25 об/мин (холостой ход).

Для работы дизеля с максимальными оборотами коленчатого вала рычаг *1* управления подачей топлива устанавливается в левое (на рисунке) положение. Трехплечий рычаг *17* поворачивается до соприкосновения плеча *12* с упором *14*. Натяжение пружины *16* при таком положении рычага увеличивается и для поворота рычага *18* требуется уже сравнительно большая центробежная сила грузов *24*. При передвижении рычага *1* в левое положение дизель развивает 1100 ± 40 об/мин без нагрузки (холостой ход) и 1000 об/мин при полной нагрузке.

Всережимный регулятор обеспечивает трактору возможность работать с пониженными скоростями, при этом пониженная скорость задается промежуточным положением рычага управления подачей топлива.

Перестановка рычага *1* допускает также работу трактора с одной и той же скоростью, но при различных передачах, а следовательно, и при различных скоростных режимах дизеля. Соответствующий выбор передач и скоростных режимов дизеля обеспечивает более экономное расходование топлива.

Таким образом, регулятор не только поддерживает устойчивые обороты на холостом ходу и ограничивает максимальные обороты коленчатого вала, но и обеспечивает эффективную работу дизеля на всех скоростных режимах

трактора. Регулятор поддерживает примерно постоянные обороты коленчатого вала дизеля в пределах каждого установленного водителем скоростного режима независимо от изменения сопротивления.

СИСТЕМА ПОДАЧИ ВОЗДУХА

Воздух, необходимый для образования горючей смеси и для сгорания, поступает в цилиндры дизеля из атмосферы. В воздухе часто содержится пыль, которая, попадая в цилиндры, оседает на их стенках, смешивается с маслом и вызывает усиленный износ деталей. Для очистки воздуха перед впускным трубопроводом устанавливается воздухоочиститель.

На дизеле ЯАЗ-204 в систему подачи воздуха входит нагнетатель, который обеспечивает не только наполнение цилиндров, но и продувку их от продуктов сгорания. Кроме того, подаваемый нагнетателем воздух охлаждает поверхность камеры сгорания и выпускных клапанов.

Схема продувки цилиндров в дизеле ЯАЗ-204 приведена на рис. 67. Атмосферный воздух через воздухоочиститель 4 нагнетателем 6 подается в воздушную камеру 8, окружающую гильзу цилиндра 9. Через два ряда отверстий 10 в гильзе воздух, как показано стрелками, проходит через цилиндр и выходит в выпускной трубопровод 11. Выпускной клапан 12 в это время открыт, а поршень 7 находится ниже продувочных отверстий 10.

Воздухоочиститель и впускной трубопровод

Воздухоочистители дизелей имеют такое же устройство, как и воздухоочистители карбюраторных двигателей.

На впускном трубопроводе 5 (рис. 67) дизеля ЯАЗ-204 устанавливаются два воздухоочистителя, объединенные вместе с глушителями шума впуска. Воздухоочиститель состоит из фильтрующего элемента 1, помещенного внутри корпуса 4, и масляной ванны 3.

Воздух из окружающей среды поступает через кольцевую щель 2 и направляется вниз по кольцевому пространству к масляной ванне 3. У поверхности масла воздух резко меняет направление движения и поднимается. При этом крупные частицы пыли по инерции вылетают из потока воздуха и оседают на поверхности масла в резервуаре. Воздух уносит с поверхности масла брызги, которые осаждаются в набивке фильтрующего элемента и постепенно стекают

вниз в резервуар, смывая прилипающую к набивке пыль. Набивка фильтрующего элемента состоит из проволоки. Проходя через набивку фильтрующего элемента, смоченную маслом, воздух окончательно очищается от пыли и по трубопроводу 5 направляется в нагнетатель 6. Воздухоочистители такого типа называются инерционно-масляными. Тру-

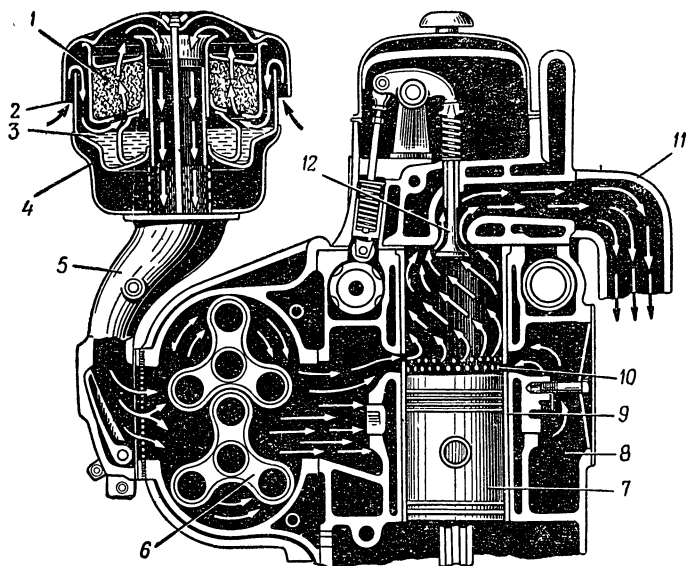


Рис. 67. Воздухоочиститель и схема продувки дизеля ЯАЗ-204:

1 — фильтрующий элемент; 2 — входная кольцевая щель; 3 — масляная ванна; 4 — корпус воздухоочистителя; 5 — впускной трубопровод; 6 — нагнетатель; 7 — поршень; 8 — воздушная камера; 9 — гильза цилиндра; 10 — продувочные отверстия; 11 — выпускной трубопровод; 12 — выпускной клапан

бопровод имеет конструкцию, обеспечивающую глушение шума, возникающего при впуске воздуха. Стенки трубопровода двойные. Внутренние стенки снабжены большим количеством отверстий, а между двойными стенками набита минеральная вата, поглощающая шум, производимый воздушным потоком при впуске.

На тракторных дизелях устанавливаются воздухоочистители, обеспечивающие более тщательную очистку воздуха, так как трактор эксплуатируется обычно в более пыльных условиях, чем автомобиль.

В дизеле КДМ-46 воздух поступает в верхнюю часть воздухоочистителя через направляющую решетку 9 (рис. 68) с выштампованными в ней лопатками. Благодаря наклонному расположению лопаток воздух, входя в фильтр, приобретает быстрое вращательное движение. Крупные частицы пыли, поступившие вместе с воздухом, под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам отражателя 1 и попадают в пылеотстойник 8. В отражателе воздух резко меняет направление и движется вниз по трубе 4 воздухоочистителя. При выходе из нижней части трубы воздух вновь резко меняет направление. Движущаяся вместе с воздухом мелкая пыль ударяется о поверхность масла 6, заполняющего резервуар 7, и частично оседает в масле. Окончательно воздух очищается при восходящем движении в смоченных маслом сетчатых элементах 5. Очищенный воздух поступает в головку 2 корпуса 3 воздухоочистителя и далее через отводной патрубок во впускной трубопровод двигателя.

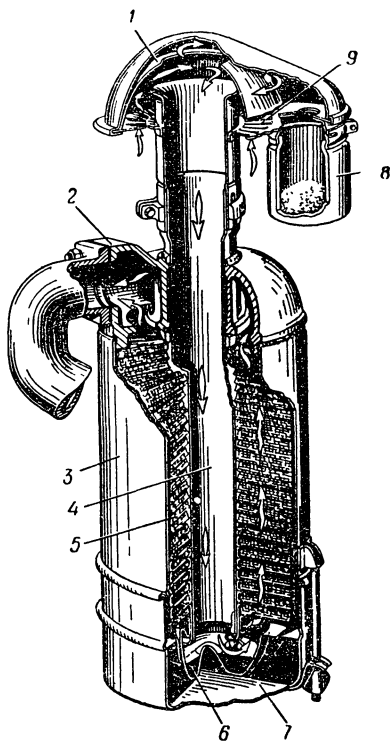


Рис. 68. Воздухоочиститель дизеля КДМ-46:

1 — отражатель; 2 — головка; 3 — корпус;
 4 — центральная труба; 5 — сетчатый элемент; 6 — масло; 7 — резервуар; 8 — пылеотстойник; 9 — направляющая решетка

Сетчатые элементы представляют собой круги из свернутой в кольца гофрированной сетки, припаянной к наружной и внутренней обоймам. Элементы плотно укладываются один к другому, причем так, чтобы гофры двух смежных сеток были направлены в разные стороны. Создается лабиринтовый путь для прохода воздуха, способствующий хорошему улавливанию пыли.

Впускные трубопроводы дизелей имеют плавные, обтекаемые формы и достаточно большое сечение, обеспечиваю-

щее хорошее наполнение цилиндров. Во впускном трубопроводе дизеля ЯАЗ-204 имеется устройство для аварийной остановки. Устройство состоит из заслонки, которая с помощью троса и кнопки, расположенной на щитке приборов перед водителем, перекрывает впускной трубопровод и прекращает доступ воздуха в цилиндры дизеля. Аварийным устройством пользуются при несчастных случаях, а также тогда, когда двигатель идет в разнос, т. е. развивает недопустимо большое число оборотов, приводящее к поломке деталей кривошипно-шатунного механизма.

Нагнетатель

Нагнетатель 6 (рис. 67) дизеля ЯАЗ-204 состоит из двух трехлопастных роторов, установленных в картере. При вращении роторов воздух, поступающий по впускному трубопроводу 5 в полость разрежения, захватывается лопастями роторов, переносится во впадинах между ними вдоль стенок корпуса (как показано стрелками) и вытесняется через выходное окно в воздушную камеру 8 дизеля.

Роторы 7 и 13 (рис. 69) своими цапфами установлены в торцовых плитах 6 и 8 картера 12 на шариковых подшипниках 10. С внутренней стороны подшипников в плитах установлены самоподжимные сальники 11 и 14, не допускающие попадания масла внутрь картера.

Верхний ротор 13 приводится в действие от двигателя при помощи шестерни 3 через упругую муфту 2 и вал 1. Нижний ротор 7 приводится во вращение от верхнего ротора при помощи двух шестерен 4, насаженных на шлицеванные концы валиков роторов.

Роторы во время работы не касаются один другого, а также картера и торцовых плит. Величина зазоров между роторами и картером и торцовыми плитами оказывает большое влияние на производительность нагнетателя. Чем меньше зазоры, тем меньше через них уходит воздуха и тем выше производительность нагнетателя. В нагнетателе дизеля ЯАЗ-204 зазоры равны 0,1—0,6 мм. Сохранение постоянных зазоров между лопастями роторов обеспечивается точным изготовлением шестерен и соответствующими зазорами между их зубьями. Регулировка зазоров между лопастями достигается изменением числа прокладок между шестернями и подшипниками роторов.

Лопастя вращаются в 1,95 раза быстрее коленчатого вала. При максимальных оборотах коленчатого вала

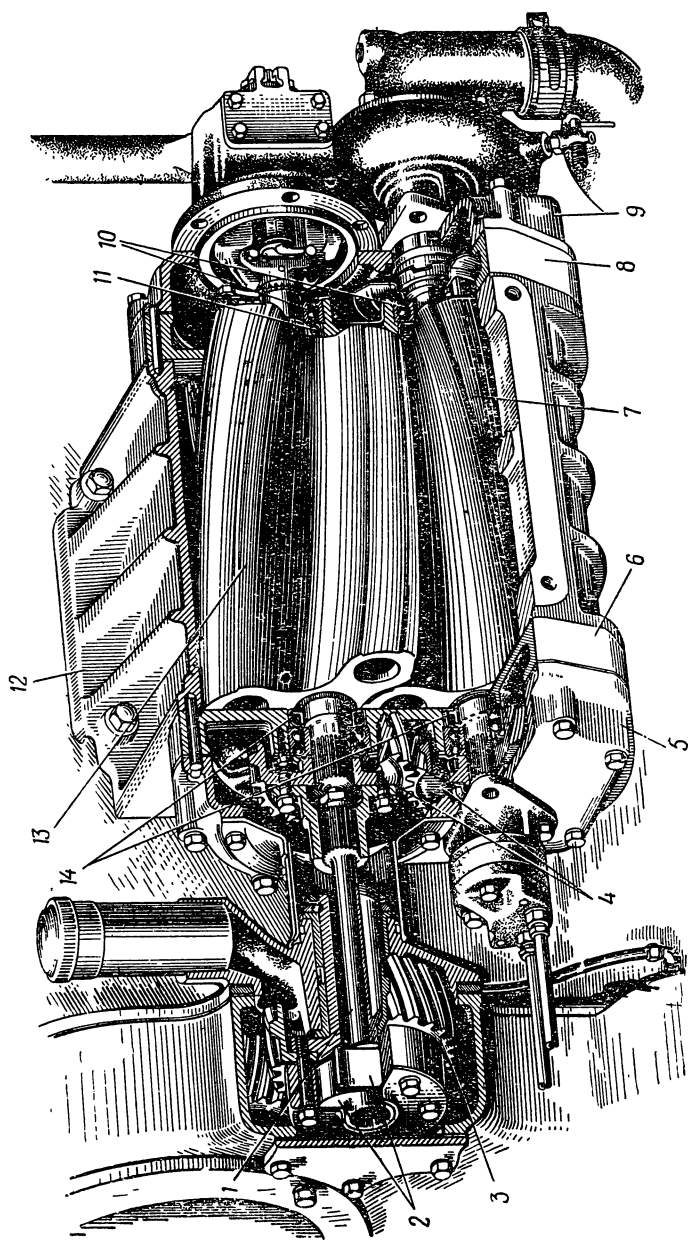


Рис. 69. Воздушный нагнетатель дизеля ЯА3-204:

1 — приводной вал; 2 — упругая муфта; 3 — приводная шестерня; 4 — шестерня роторов; 5 и 9 — крышки; 6 и 8 — торцовые плиты; 7 — нижний ротор; 10 — подшипники; 11 и 14 — самоподжимные сальники; 12 — картер нагнетателя; 13 — верхний ротор

роторы нагнетателя развивают около 4000 об/мин, что обеспечивает давление в воздушной камере в $1,5 \text{ кг/см}^2$.

Для того чтобы подача воздуха была равномерной и по возможности бесшумной, лопасти роторов выполнены спиральными.

Упругая муфта 2 предохраняет вращающиеся детали нагнетателя от перенапряжений при резких изменениях числа оборотов коленчатого вала дизеля.

К торцовым плитам 6 и 8 картера прикреплены крышки 5 и 9. Фланцем картера нагнетатель крепится к блоку дизеля с правой стороны, а полость картера нагнетателя люком соединена с воздушной камерой блока. С наружной стороны к люку нагнетателя присоединен впускной трубопровод.

Корпус нагнетателя, торцовые плиты и роторы отлиты из алюминиевого сплава.

СИСТЕМА ВЫПУСКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Выпуск отработавших газов в атмосферу производится через выпускную систему. Она обеспечивает свободный выход отработавших газов, хорошее очищение цилиндров и предупреждает перегрев блока цилиндров.

Выпускная система состоит из каналов, отлитых в блоке цилиндров, выпускного трубопровода, отводной трубы и глушителя. Сечение выпускного трубопровода примерно в полтора раза больше проходного сечения выпускного клапана. Отводящие каналы располагаются в блоке цилиндров так, чтобы длина их была возможно меньшей и чтобы газы, выходящие из одного цилиндра, не попадали к выпускным клапанам других цилиндров.

Выпускная система в дизеле имеет такое же устройство, как и в карбюраторном двигателе.

ПУСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА И ЗАПУСК ДИЗЕЛЯ

Особенности запуска дизеля

При запуске двигателя необходимо вращать коленчатый вал. В карбюраторных двигателях это осуществляется сравнительно легко: при помощи электродвигателя — стартера или вручную — при помощи пусковой рукоятки. Степень сжатия этих двигателей невелика, и для проворачивания коленчатого вала не требуется особенно больших усилий. Кроме того, благодаря применению легкоиспаряюще-

гося горючего и наличием в карбюраторе пусковых устройств достаточно вращать коленчатый вал при запуске со скоростью всего 80—100 *об/мин*.

Запуск дизелей гораздо труднее. Степень сжатия этих двигателей намного выше, чем карбюраторных, давление над поршнем при сжатии получается очень большим и для проворачивания коленчатого вала требуется затрата значительных усилий. Кроме того, в цилиндрах дизеля необходимо произвести не только сильное, но и быстрое сжатие воздуха, чтобы потери тепла были небольшими. Если воздух над поршнем сжимать медленно, то он будет длительное время соприкасаться с холодными стенками цилиндра и его головки и не нагреется до необходимой температуры. Топливо, впрыснутое в среду такого воздуха, не воспламенится и дизель не запустится. В связи с этим при запуске дизеля коленчатый вал необходимо проворачивать со скоростью 220—300 *об/мин*. Поэтому запуск дизеля осуществляется с помощью мощных пусковых устройств.

Пусковые устройства

Для запуска быстроходных дизелей применяются электрические стартеры и вспомогательные пусковые бензиновые двигатели.

Мощность электрических стартеров для запуска дизелей значительно больше мощности стартеров карбюраторных двигателей. В связи с этим напряжение в сети пусковых электроприборов применяется 12 и даже 24 *в*, а аккумуляторные батареи ставятся увеличенной емкости. Запуск электрическим стартером применяется на дизеле ЯАЗ-204. Стартер СТ-25, который ставится на этом дизеле, развивает мощность 8 *л. с.* и имеет номинальное напряжение 24 *в*. О размерах стартера можно судить по его весу, который равен 29 *кг* (с реле).

Пусковые одно- и двухцилиндровые карбюраторные двигатели применяются на тракторах, так как увеличение общего веса двигателя для трактора не имеет такого существенного значения, как для автомобиля.

Применение отдельного карбюраторного двигателя для запуска дизеля имеет ряд преимуществ перед применением пусковых устройств других типов. Пусковой двигатель может в течение длительного времени обеспечивать вращение коленчатого вала и запуск дизеля при самых неблагоприятных атмосферных условиях. Пусковой двигатель, работая

перед запуском дизеля на холостом ходу, быстро прогревает дизель, в результате чего облегчается запуск дизеля и уменьшается его износ.

Прогрев дизеля заключается в том, что отработавшие газы пускового двигателя используются для подогрева впускного трубопровода дизеля, а вода из системы охлаждения пускового двигателя обеспечивает быстрый подогрев воды в системе охлаждения дизеля.

При помощи специального карбюраторного двигателя осуществляется запуск дизеля КДМ-46. Пусковой двигатель (рис. 70) четырехтактный, двухцилиндровый, мощностью 19 л. с. при 2600 об/мин, с левым вращением коленчатого вала. Литраж двигателя 1,36 л, степень сжатия 4,6. Установлен двигатель с левой стороны дизеля на специальной привалочной плоскости.

Основной частью двигателя является блок-картер, состоящий из двух частей: верхняя часть — двухцилиндровый блок, нижняя часть — картер с коренными подшипниками. В блок-картере расположены кривошипный и распределительный механизмы. В передней части блок-картера крепится крышка шестерен распределения, на которой смонтирован кожух, закрывающий механизм регулятора. На заднем фланце блок-картера установлен картер сцепления. Сзади к картеру сцепления крепится редуктор с приводным механизмом. На левой стороне пускового двигателя расположены впускной и выпускной трубопроводы, карбюратор и воздухоочиститель.

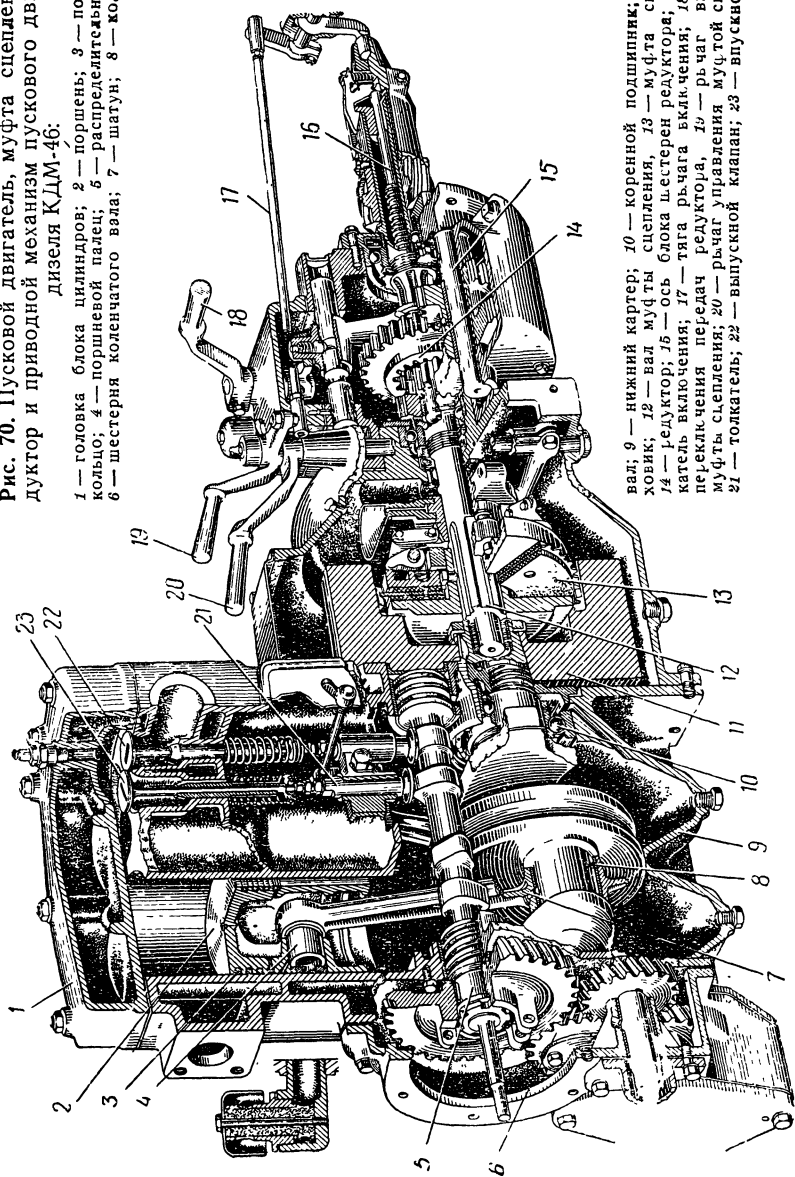
Охлаждение пускового двигателя общее с дизелем (описание его см. в разделе «Система охлаждения»).

Выходной конец выпускного трубопровода пускового двигателя присоединяется к подогревающей рубашке впускного трубопровода дизеля. При работе пускового двигателя его отработавшие газы проходят по подогревающей рубашке и нагревают впускной трубопровод дизеля. Благодаря этому воздух, поступающий в цилиндры дизеля при впуске, также нагревается.

На пусковом двигателе установлен центробежный однорежимный регулятор — ограничитель числа оборотов. Регулятор действует на дроссельную заслонку карбюратора и регулирует количество горючей смеси, поступающей в цилиндры двигателя. Регулятор обеспечивает сохранение постоянного числа оборотов (2600 в минуту) коленчатого вала пускового двигателя и его устойчивую работу под нагрузкой.

Рис. 70. Пусковой двигатель, муфта сцепления, редуктор и приводной механизм пускового двигателя дизеля КДМ-46:

1 — головка блока цилиндров; 2 — поршень; 3 — поршневое кольцо; 4 — поршневой палец; 5 — распределительный вал; 6 — шестерня коленчатого вала; 7 — шатун; 8 — коленчатый



вал; 9 — нижний картер; 10 — коренной подшипник; 11 — маховик; 12 — вал муфты сцепления; 13 — муфта сцепления; 14 — редуктор; 15 — ось блока шестерен редуктора; 16 — толкатель включения; 17 — тяга рычага включения; 18 — рычаг переключения передач; 19 — редуктор; 20 — рычаг включения муфты сцепления; 21 — толкатель; 22 — выпускной клапан; 23 — выпускной клапан

Пусковой двигатель работает на обычном автомобильном бензине.

Вращение от пускового двигателя к коленчатому валу дизеля передается через сцепление, редуктор и приводной механизм. Сцепление служит для плавного, безударного соединения работающего пускового двигателя с приводным механизмом после того, как последний будет соединен с венцом маховика дизеля. Сцепление сухое, двухдисковое. Редуктор представляет собой двухскоростную коробку передач, в которой для прокручивания коленчатого вала холодного дизеля (главным образом зимой) включается замедленная передача (1:3,14), а после прогрева дизеля (или летом) включается прямая передача (1:1). Приводной механизм представляет собой механизм, непосредственно соединяющий вал редуктора с венцом маховика дизеля. Включенный перед запуском дизеля приводной механизм автоматически разъединяет маховик и редуктор, как только число оборотов коленчатого вала дизеля достигнет 300—350 в минуту (при 3250—3350 об/мин вала редуктора).

Устройства для облегчения запуска дизеля

Наряду с установкой мощных пусковых двигателей на дизелях применяются различные устройства для облегчения запуска. К таким устройствам относятся декомпрессионный механизм, устройство для подогрева поступающего воздуха во время запуска, устройство для подогрева воды в системе охлаждения.

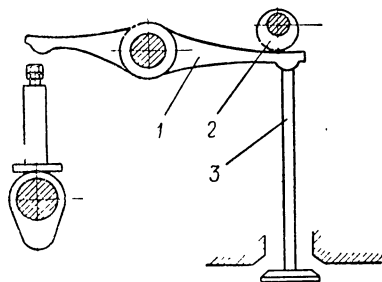


Рис. 71. Схема декомпрессионного механизма:

1 — коромысло; 2 — эксцентрик декомпрессионного механизма; 3 — клапан

Декомпрессионный механизм облегчает прокручивание коленчатого вала дизеля при запуске, временно снижая давление сжатия в цилиндрах. Схема действия этого механизма приведена на рис. 71. Над коромыслами 1 клапанов располагается валик с эксцентриками 2.

При запуске дизеля валик специальной рукояткой поворачивается так, что эксцентрики, нажимая на коромысла, не допускают полного закрытия клапанов 3. Подача топлива к цилиндрам при этом не происходит. Значительная часть

При запуске дизеля валик специальной рукояткой поворачивается так, что эксцентрики, нажимая на коромысла, не допускают полного закрытия клапанов 3. Подача топлива к цилиндрам при этом не происходит. Значительная часть

воздуха, поступающего в цилиндр при впуске, выталкивается из цилиндра в атмосферу во время сжатия. В результате усилие, затрачиваемое на сжатие воздуха, уменьшается и прокручивание коленчатого вала таким образом облегчается. После того как коленчатому валу дизеля будут сообщены необходимые обороты, вал декомпрессора поворачивается в исходное положение и в цилиндрах дизеля осуществляется нормальный процесс сжатия. Одновременно с отключением механизма декомпрессора в цилиндры дизеля впрыскивается топливо.

Механизм декомпрессора применяется на тракторных дизелях КДМ-46 и Д-35.

В целях облегчения запуска дизеля, особенно в холодное время года, применяется подогрев воздуха, поступающего в цилиндры. Для этой цели, как указывалось, впускной трубопровод дизеля подогревается отработавшими газами пускового карбюраторного двигателя или устанавливается электрофакельное устройство. Электрофакельное устройство состоит из пускового плунжерного насоса для подачи горючего (обычно керосина), бачка для хранения запаса горючего, корпуса подогревателя, распыливающей форсунки, фильтра, запальной свечи, катушки зажигания с электромагнитным прерывателем, включателя катушки зажигания и топливопроводов. Пусковой насос и бачок для горючего монтируются или на щитке приборов перед водителем (автомобиль МАЗ-200), или на кронштейне непосредственно около впускного трубопровода (трактор «Сталинец-80»). Корпус подогревателя со свечой и форсункой монтируется в одном из окон воздушной камеры (ЯАЗ-204) или во впускном трубопроводе (КДМ-46).

При запуске дизеля водитель с помощью насоса впрыскивает горючее во впускной трубопровод дизеля через специальную форсунку. Выходя из форсунки, горючее распыливается во впускном трубопроводе, образуя расходящийся под большим углом конус. Благодаря возникновению (при включении катушки зажигания) искр между электродами свечи распыленное горючее воспламеняется во впускном трубопроводе и в виде горящего факела поступает в камеру сгорания дизеля, нагревая находящийся там воздух и холодные детали.

Подготовка дизеля к запуску и его запуск

Запуск автомобильного дизеля ЯАЗ-204, оборудованного электрическим стартером, осуществляется нажатием на

кнопку включения стартера. Педаль или рычаг управления подачей топлива предварительно ставится в положение, соответствующее максимальной подаче. Продолжительность непрерывной работы стартера не должна превышать 20—25 секунд, а перерывы между двумя последовательными включениями должны быть не меньше 45—50 секунд. Если после 3—4 последовательных включений стартера дизель запустить не удалось, необходимо выяснить и устранить причины, препятствующие запуску.

В случае запуска при температуре ниже $+5^{\circ}\text{C}$ необходимо предварительно прогреть дизель или заливкой горячего масла в картер и воды в систему охлаждения, или применением специальных подогревательных устройств. После прогрева системы охлаждения до температуры не ниже 30°C рекомендуется повернуть коленчатый вал специальным ключом за шестигранную головку болта крепления шкива коленчатого вала. Это обеспечивает предварительную смазку трущихся поверхностей и уменьшает мощность, необходимую для проворачивания коленчатого вала в первый момент.

Для использования электрофакельного подогревательного устройства необходимо повернуть полупрозрачную рукоятку включателя катушки зажигания по часовой стрелке. Рукоятка включателя расположена перед водителем на щитке. При включении катушки зажигания сквозь полупрозрачную рукоятку виден свет лампочки красного цвета.

После включения зажигания водитель нажимает на педаль подачи топлива, ставя ее в положение максимальной подачи, и на кнопку включения стартера. Одновременно производится 4—5 качаний ручным насосом электрофакельного устройства (насос расположен на щитке перед водителем).

Как только дизель начал работать, пусковое зажигание выключается, а рукоятка пускового насоса полностью вдвигается. Первые 4—5 минут дизель должен работать на холостом ходу при числе оборотов 1000 в минуту. Затем число оборотов увеличивается до 1500 в минуту. Работа на этом режиме должна продолжаться до тех пор, пока вода не прогреется до 40°C .

Запуск тракторных дизелей, оборудованных пусковыми карбюраторными двигателями, осуществляется значительно сложнее. Рассмотрим, например, запуск дизеля КДМ-46.

Процесс запуска состоит из следующих операций: запуск пускового двигателя, запуск дизеля, остановка пускового двигателя и проверка работы дизеля.

Запуск пускового двигателя осуществляется следующим образом. Открывается кран подачи бензина из бака к пусковому двигателю, включается зажигание и рычаг регулятора пускового двигателя ставится на защелку. При этом положении рычага регулятора дроссельная заслонка в карбюраторе оказывается в прикрытом положении, соответствующем запуску двигателя. Закрывается воздушная заслонка карбюратора. Это обеспечивает обильную подачу бензина карбюратором, что необходимо для запуска карбюраторного двигателя.

Затем коленчатый вал проворачивается пусковой рукояткой. Действовать пусковой рукояткой следует не плавно, а рывком, в момент, когда происходит сжатие в цилиндрах и ощущается противодействие вращению рукоятки.

Длительное вращение коленчатого вала при закрытой воздушной заслонке недопустимо, так как попадание во впускную систему карбюраторного двигателя чрезмерно большого количества бензина делает невозможным запуск двигателя и ведет к быстрому его износу. Прогретый двигатель запускается без помощи воздушной заслонки.

Как только пусковой двигатель начнет работать, пусковая рукоятка вынимается и двигатель прогревается работой на малых и средних оборотах. При этом благодаря тому, что система охлаждения пускового двигателя и дизеля общая, вода в системе охлаждения дизеля подогревается, а впускной трубопровод дизеля обогревается отработавшими газами пускового двигателя.

После прогрева пускового двигателя и дизеля приступают непосредственно к запуску дизеля. Рычаг декомпрессора ставится в пусковое положение. Клапаны в цилиндрах дизеля при этом закрыться не могут и противодействие при сжатии будет небольшим. Рычаг подачи топлива ставится в крайнее переднее положение, соответствующее выключению подачи.

Через редуктор и сцепление соединяют коленчатые валы пускового двигателя и дизеля. Для этого в теплое время года рычаг редуктора ставится в положение «Ускорен», а зимой — в положение «Замедлен». Это соответствует включению одной из передач редуктора. Рычаг механизма включения оттягивается на себя, благодаря чему шестерня механизма включения входит в зацепление с венцом махо-

вика дизеля. Затем, плавно поворачивая рычаг, включают сцепление пускового двигателя, и коленчатый вал дизеля начинает вращаться.

После того как пусковой двигатель начнет вращать коленчатый вал дизеля со скоростью 200—300 *об/мин*, рычаг декомпрессора ставится в среднее, а затем в рабочее положение. Механизм декомпрессора при этом выключается, в цилиндрах дизеля происходит нормальное сжатие воздуха. Высокая температура воздуха при сжатии обеспечивает предварительный прогрев стенок цилиндров и камер сгорания.

Далее включается подача топлива, для чего рычаг подачи переводится на половину хода на себя.

Как только дизель начнет работать, выключается муфта сцепления пускового двигателя и останавливается пусковой двигатель. Для этого перекрывается кран подачи бензина из бака, а после выработки двигателем бензина и его остановки выключается зажигание.

После запуска дизеля необходимо проверить, правильно ли он работает. Для этого проверяется давление масла в системе смазки по показанию манометра и работа дизеля вхолостую в течение 5 минут на малых и средних оборотах и 5 минут на максимальных. Если дизель работает равномерно, без стуков и посторонних шумов, его переводят на работу под нагрузкой.

При запуске дизеля зимой, кроме указанного, необходимо предварительно заправить систему охлаждения горячей водой и систему смазки горячим маслом, а также использовать электрофакельный подогрев.

Перед остановкой дизеля следует уменьшить нагрузку, снизить обороты коленчатого вала до 1200 в минуту и поработать вхолостую 3—5 минут. Педаль подачи топлива устанавливается в положение минимальной подачи, а затем подача топлива прекращается.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ

В отличие от карбюраторного двигателя, электрическая энергия непосредственно для работы дизеля не применяется. Электрическая энергия, однако, широко используется для питания пусковых устройств дизеля. Кроме того, она применяется для питания приборов наружного и внутреннего освещения автомобиля или трактора, для приборов звуковой и световой сигнализации и для контрольно-измеритель-

ных приборов (указатели уровня топлива в баке, давления масла в системе смазки, температуры воды в системе охлаждения и т. д.).

На дизелях, запуск которых осуществляется при помощи электрических стартеров, система электрооборудования состоит из аккумуляторной батареи и генератора — источников тока, стартера, фар, плафонов и прочих потребителей электрической энергии. Примером такой системы является электрооборудование автомобиля МАЗ-200. Источниками электрической энергии на автомобиле МАЗ-200 служит двухполюсный генератор Г-25, получающий вращение от коленчатого вала дизеля, и две батареи аккумуляторов. Система электрооборудования однопроводная, 12-вольтовая. Так как номинальное напряжение стартера 24 в, то для его включения установлен специальный прибор, который на время запуска переключает батареи аккумуляторов с параллельного соединения на последовательное. Для зажигания электрофакела в систему электрооборудования включена пусковая катушка зажигания, которая преобразует ток батареи аккумуляторов в ток высокого напряжения.

На пусковых карбюраторных двигателях применяется самостоятельная система зажигания, состоящая из магнето и запальных свечей (тракторы «Кировец Д-35», ДТ-54, «Сталинец-80»). На тракторе «Сталинец-80» в эту же систему электрооборудования входит запальная свеча устройства для подогрева воздуха во впускном трубопроводе дивеля.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ

Для обеспечения экономичной, устойчивой и бесшумной работы дизеля необходимо своевременно и правильно регулировать его механизмы. Регулированию в дизеле подлежат механизм газораспределения, топливный насос высокого давления, форсунка, регулятор. Кроме того, регулированию подлежит пусковой двигатель и связанные с ним механизмы.

Регулирование механизма газораспределения

Регулирование механизма газораспределения заключается в соблюдении установленных зазоров между коромыслами и стержнями клапанов в дизеле ЯАЗ-204 и между коромыслами и стаканами клапанов в дизелях КДМ-46, Д-35.

При слишком малом зазоре имеет место неплотная посадка клапанов, снижается давление в конце такта сжатия, происходит обгорание клапанов. При чрезмерно большом зазоре уменьшается продолжительность открытия клапанов, усиливается стук между коромыслами и стержнями клапанов и происходит быстрый износ деталей клапанного механизма.

Величина зазоров в клапанном механизме на прогревом двигателе указывается в технических характеристиках дизелей и обычно равна 0,25—0,30 мм.

Зазоры проверяются и регулируются после прогрева двигателя. Колпаки головок цилиндров снимаются и регулировка производится при положении поршня, соответствующем полному закрытию клапанов. Величина зазоров проверяется щупами.

На двигателе ЯАЗ-204 регулировка зазоров осуществляется изменением длины штанг толкателей, путем ввертывания или вывертывания их из вилок коромысел. Для

этого на штангах толкателей в верхней части имеются грани под ключ. Величину зазора следует проверять в тот момент, когда поршень соответствующего цилиндра будет находиться вблизи верхней мертвой точки, а плунжер форсунки опустится примерно на 6 мм.

На дизелях КДМ-46, Д-35 регулировка зазоров в клапанах производится регулировочными болтами, ввернутыми в плечи коромысел. Одновременно регулируется зазор между штангой декомпрессора и коромыслом. Для этого отвертывается или заворачивается наконечник штанги декомпрессора до получения зазора 0,60—0,75 мм. Величину зазора в клапанах следует проверять при положении поршня, соответствующем концу хода сжатия. Это положение определяется по меткам на ободке и на карте маховика.

Регулирование топливного насоса

Дизель очень чувствителен к правильной регулировке и исправной работе топливной аппаратуры. Неудовлетворительное регулирование топливной аппаратуры затрудняет запуск дизеля, приводит к пропуску вспышек в отдельных цилиндрах и к появлению дымного выпуска. При этом падает мощность дизеля, наблюдается перерасход топлива и усиливается износ деталей двигателя. Топливный насос, форсунка и регулятор являются очень точными механизмами и тщательно регулируются на заводе. Поэтому переборка и регулировка их должны производиться квалифицированными механиками в специальных мастерских.

В топливном насосе подвергаются контролю и регулированию: момент начала впрыска топлива секциями насоса по углу поворота коленчатого вала; количество топлива и давление, под которым топливо подается в цилиндры; равномерность подачи топлива отдельными секциями насоса.

Момент начала подачи топлива насосом проверяется следующим образом. Трубопровод высокого давления отъединяется от штуцера секции насоса и на его место присоединяется трубопровод, подводящий топливо к эталонной форсунке. Форсунка закрепляется на блоке дизеля точно над стрелкой указателя верхней мертвой точки, имеющейся на кожухе маховика. Ось форсунки должна быть направлена по радиусу маховика. После этого коленчатый вал дизеля приводится во вращение от пускового двигателя через редуктор на замедленной передаче и при включенном декомпрессоре. Включая максимальную подачу топливного насоса, несколько раз впрыскивают топливо через эталон-

ную форсунку на маховик. При этом топливо оставляет на ободе маховика эллипсообразный след. Величина опережения начала подачи определяется замером расстояния по ободу маховика от соответствующей метки до переднего края топливного пятна. При правильном моменте начала подачи это расстояние должно быть, например на двигателе КДМ-46, равно 30—51 мм (6—10° поворота маховика).

Если момент начала подачи отклоняется от нормального, секцию насоса следует заменить новой или отрегулировать момент начала подачи при помощи регулировочного болта толкателя (регулировка допускается лишь в крайних случаях). Поворот регулировочного болта толкателя на $\frac{1}{8}$ оборота (на 1 грань) изменяет угол опережения впрыска на 1,0—1,2° поворота маховика. При вывертывании регулировочного болта более чем на $\frac{1}{3}$ оборота верхний торец плунжера может упереться в гнездо обратного клапана, что приведет к поломке насоса. Поэтому при изменении положения регулировочного болта обязательно проверяется подъем толкателя, для чего вал насоса провертывается вручную.

Количество топлива и давление, под которым оно подается в цилиндр, уменьшаются по мере износа деталей насоса. Так как величина износа деталей в различных секциях насоса неодинакова, то и подача топлива отдельными секциями становится неравномерной. В связи с этим нарушается равномерность работы дизеля.

Равномерность подачи отдельными секциями многоплунжерного насоса нарушается также в результате ослабления крепления венцов плунжерных пар.

Работа секций периодически проверяется при помощи эталонных форсунок и специальным прибором для замера максимальных давлений, который называется максиметром. Равномерность работы секций можно проверить, впрыснув топливо из каждой секции насоса через эталонную форсунку в мерные мензурки. Для этого к секциям насоса присоединяются короткие трубопроводы, а рычаги управления топливным насосом ставятся в рабочее положение. Разница в количествах собранного топлива не должна превышать 5—6%. При превышении этой нормы топливный насос подлежит регулированию в специальных мастерских.

Регулирование форсунки

Нарушение правильной работы форсунок приводит к снижению мощности дизеля, вызывает перебои и дымление при работе. В случае применения загрязненного топлива

форсунки легко засоряются. Поэтому форсунки следует регулярно промывать в бензине, а образующийся на конце распылителя нагар снимать деревянной палочкой.

После разборки и чистки производится проверка и регулировка давления начала впрыска топлива. Кроме того, проверяется качество распыливания топлива форсунками и отсутствие подтекания. Это выполняется или на специальном испытательном стенде, или на самом дизеле. В последнем случае форсунка устанавливается в перевернутом положении. К ней присоединяется трубопровод высокого давления. Медленно проворачивая коленчатый вал дизеля, наблюдают за подачей и распыливанием топлива. Конус распыленного топлива должен быть $15-20^\circ$, причем ось его должна совпадать с осью форсунки. Подтекание топлива, наличие в туманообразном конусе отдельных сгущений, неправильные размеры конуса струи указывают на неисправность форсунки.

Давление впрыска или давление открытия иглы проверяется максиметром или при помощи эталонной форсунки. При несоответствующем давлении впрыска форсунка подвергается регулировке. Регулировка заключается в изменении натяжения пружины форсунки (см. рис. 60). Для этого следует отвернуть колпак 1 форсунки, гайку 3 и несколько вывернуть ограничитель 2 подъема иглы. Затем гайку 5, контрящую регулировочную втулку 4, отпустить. При вращении втулки изменяется натяжение пружины 7. При ввертывании втулки давление впрыска увеличивается, при вывертывании уменьшается. Отрегулировав, следует законтрить втулку 4 и завернуть ограничитель 2 подъема иглы до упора в нажимной стержень 8. После этого вновь слегка отвернуть ограничитель подъема иглы, законтрить его и проверить давление впрыска.

Регулирование насос-форсунок

В насос-форсунках двигателя ЯАЗ контролируются и регулируются: момент начала впрыска топлива; количество топлива и давление, под которым оно впрыскивается в цилиндры; качество распыливания, а также правильность соединения реек насос-форсунок отдельных цилиндров с регулятором.

Момент начала подачи топлива регулируется с помощью специального калибра. Когда коленчатый вал находится в положении, при котором выпускные клапаны регулируемого цилиндра полностью открыты, а плунжер

соответственно находится в верхнем положении, калибр вставляется в отверстие на верхнем торце корпуса насос-форсунки. Если форсунка отрегулирована правильно, нижний торец головки калибра упрется в верхний торец направляющей втулки. При неправильной регулировке следует ослабить контргайку на штанге толкателя коромысла и, поворачивая штангу, изменить положение толкателя плунжера насос-форсунки по калибру.

Правильность соединения с регулятором реек насос-форсунок отдельных цилиндров регулируется следующим образом. Двигатель запускается и на холостом ходу при 800—900 об/мин между буртиком стакана 4 (рис. 72) пружины холостого хода и гильзой 3 устанавливается зазор 0,03—0,05 мм. Зазор регулируется упорным винтом 1 (на рис. 63 обозначен номером 13) и проверяется щупом 2. После этого двигатель останавливается и буферный винт 5 отвертывается так, чтобы он выступал из корпуса регулятора на 16 мм. Затем ослабляются регулировочные винты 6 и 8 рычагов (на рис. 63 обозначены номером 32) привода реек. Проверяется легкость перемещения всех реек. Рейки должны легко перемещаться от руки по всей длине хода. В случае заедания рейки необходимо устранить неисправность.

Рычаг 12 (рис. 72) управления подачей топлива ставится в положение, соответствующее максимальной подаче топлива, отдельно показанное на рис. 73, а. При этом положении палец рычага 1 (на рис. 63 обозначен номером 28) упирается в фасонный край выреза ограничительного сектора 11 (рис. 72).

Удерживая рычаг 7 привода рейки насос-форсунки первого цилиндра в положении полной подачи, плавно ввертывают ближний к насос-форсунке регулировочный винт 6 до тех пор, пока не увеличится усилие, необходимое для поворота винта. Это соответствует моменту, когда буртик стакана 4 пружины холостого хода упрется в гильзу 3 пружины максимальных оборотов. После этого заворачивается наружный регулировочный винт 8.

Правильность установки рычага привода рейки насос-форсунки первого цилиндра проверяется перемещением рычага 12 (на рис. 63 обозначен номером 26) от положения холостого хода (рис. 73, б) до положения полной подачи (рис. 73, а). При подходе рычага к положению полной подачи не должно чувствоваться значительного увеличения сопротивления. При установке рычага 12 в положение

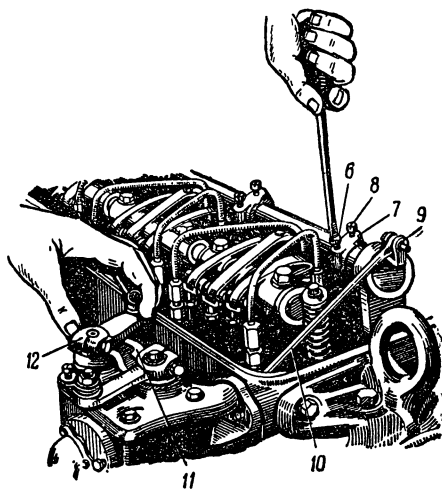
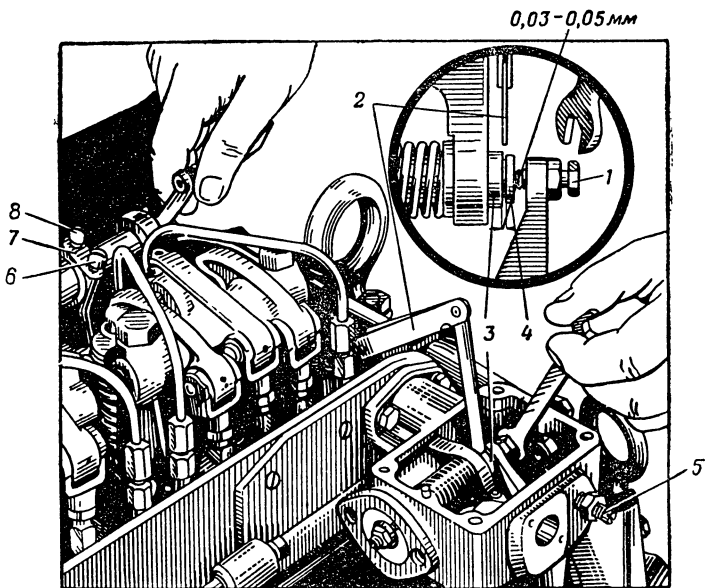


Рис. 72. Регулировка правильности соединений реек насос-форсунок с регулятором в дизеле ЯАЗ:

1 — упорный винт холостого хода; 2 — шуп; 3 — гильза; 4 — буртик стакана; 5 — буферный винт; 6 и 8 — регулировочные винты; 7 — рычаг управления рейкой насос-форсунок; 9 — рычаг вала привода реек; 10 — тяга; 11 — ограничительный сектор; 12 — рычаг управления подачей топлива

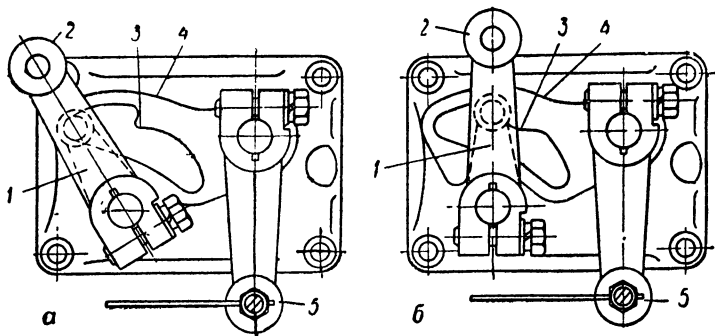


Рис. 73. Схема положения рычагов управления подачей топлива: а — наибольшая подача топлива; б — холостой ход; 1 — рычаг, ограничивающий подачу топлива; 2 — рычаг управления подачей топлива; 3 — прорезь; 4 — ограничительный сектор; 5 — рычаг остановки двигателя

полной подачи рейка должна быть выдвинута из корпуса насос-форсунки не более чем на 0,5 мм.

Далее проверяется легкость вращения валика 33 (см. рис. 63) управления рейками. Для этого тяга 10 (рис. 72) отъединяется от рычага 9. В случае заедания ослабляются на $\frac{1}{4}$ оборота винты 6 и 8 и легкими ударами рукоятки отвертки рычаг привода рейки перемещается вперед, после чего оба регулировочных винта вновь затягиваются на $\frac{1}{4}$ оборота.

Затем последовательно регулируются приводы к насос-форсункам остальных цилиндров. Тяга 10 вновь соединяется с рычагом 9 валика.

Регулирование регулятора

Правильное регулирование регулятора определяет мощность и экономичность работы двигателя и сильно влияет на его износ. Максимальные обороты дизеля, как правило, устанавливаются на заводе и регулированию во время эксплуатации не подвергаются. Минимальные устойчивые обороты холостого хода регулируются специальными регулировочными винтами, как указано при описании регуляторов.

Регулирование пускового двигателя

В пусковом двигателе, как и при эксплуатации обычного карбюраторного двигателя, регулируются зазоры клапанов и минимальные обороты холостого хода. Кроме того, регулированию подвергается сцепление, в котором регулируется сила нажатия дисков, и механизм включения. В последнем регулируются обороты, при которых происходит выключение шестерни, сцепляющейся с венцом маховика.

ОБСЛУЖИВАНИЕ ДИЗЕЛЯ

Эффективность, бесперебойность и продолжительность работы дизеля в значительной степени определяются правильным и внимательным его обслуживанием. Периодичность обслуживания и объем работы при обслуживании указаны в инструкции завода, изготовившего дизель, и в соответствующем руководстве по техническому обслуживанию машины.

Работа автомобиля и трактора должна начинаться только при хорошо прогревом двигателе. Перевод непрогретого дизеля на рабочий режим приводит к большому износу и быстрому выходу его основных деталей из строя. Не следует допускать длительной работы дизеля с перегрузкой и на холостом ходу.

Для повышения срока службы дизеля необходимо своевременно устранять неисправности, возникающие вследствие естественного износа деталей.

Большое внимание необходимо уделять обслуживанию систем охлаждения и смазки. Исправная работа дизеля, его мощность, экономичность и долговечность в значительной мере зависят от теплового режима двигателя. При слишком низкой температуре охлаждающей жидкости ухудшаются условия сгорания и смазки, что приводит к перерасходу топлива и быстрому износу дизеля. При слишком высокой температуре ухудшается наполнение цилиндров, происходит выгорание масла с трущихся поверхностей, уменьшаются зазоры в сопряженных деталях, закоксовываются поршневые кольца, корбятся клапаны и т. п. Наиболее эффективно дизель работает при температуре охлаждающей жидкости 70—85° С.

При эксплуатации дизеля необходимо систематически наблюдать за плотностью соединений системы охлаждения, за отсутствием подтекания охлаждающей жидкости, за пра-

вильным натяжением приводного ремня к вентилятору, за уровнем охлаждающей жидкости в системе и качеством заливаемой воды. В зимнее время, кроме того, необходим специальный уход за системой охлаждения для предупреждения замерзания жидкости в системе. Особое внимание должно уделяться радиатору в пусковой период, когда вода еще не прогрелась и термостат исключает ее циркуляцию через радиатор.

При замерзании воды в системе охлаждения возможен разрыв трубок радиатора и рубашки охлаждения блока цилиндров. Поэтому при продолжительных стоянках зимой необходимо воду из системы охлаждения спускать. Чтобы предотвратить размораживание системы охлаждения, в зимнее время целесообразно применять низкотемпературные охлаждающие жидкости марки 40 с температурой замерзания -40°C или марки 65 с температурой замерзания -65°C .

Вода содержит некоторое количество минеральных солей, которые отлагаются на стенках рубашки охлаждения дизеля в виде накипи. Слои накипи проводят тепло в двадцать раз хуже, чем такой же слой металла. Кроме того, отложение накипи уменьшает проходное сечение трубок радиатора. Поэтому во избежание ухудшения условий охлаждения и замедления циркуляции охлаждающей жидкости необходимо периодически удалять накипь со стенок рубашки. Для удаления накипи систему охлаждения рекомендуется промывать содовым раствором. С этой целью система охлаждения заполняется смесью воды (80—83%), соды (5—6%) и керосина (12—15%). Затем двигатель запускается и ему дают проработать 30—40 минут, после чего смесь спускается, система промывается и заполняется чистой водой.

Уход за системой смазки заключается в систематическом наблюдении за количеством и качеством масла в картере, в осмотре маслопроводов, их соединений и других деталей системы смазки, в своевременной промывке масляных фильтров и смене фильтрующих элементов. Хранить и заправлять масло надо так, чтобы была исключена возможность его загрязнения.

Уровень масла в картере дизеля следует проверять ежедневно при помощи маслоизмерительного стержня. Так как некоторое количество масла выгорает во время работы, необходимо периодически доливать его в картер до верхней

метки на стержне. Через установленный промежуток времени работы дизеля масло заменяется.

Одновременно с заменой масла разбирается и промывается масляный фильтр предварительной очистки и заменяется фильтрующий элемент фильтра тонкой очистки.

На долговечность дизеля сильно влияет чистота воздуха, поступающего в цилиндры.

Воздухоочиститель обеспечивает надлежащую очистку воздуха от пыли и механических примесей только при внимательном уходе и регулярной очистке его от скапливающихся пыли и грязи. Заменять масло и промывать фильтрующие элементы воздухоочистителя следует через 10—60 часов работы в зависимости от погоды и условий работы дизеля.

Большое внимание при эксплуатации дизеля следует уделять чистоте применяемого топлива и состоянию топливной аппаратуры. Для заправки топливного бака автомобиля и трактора следует применять только отстоявшееся, свободное от осадков и воды топливо. При этом должны быть приняты меры к недопущению загрязнения топлива при заправке. Необходимо строго соблюдать сроки очистки и смены фильтрующих элементов топливных фильтров и ежедневно спускать из корпуса фильтра отстой через спускные пробки.

ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ДИЗЕЛЯ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Дизель не запускается

Наиболее часто дизель не запускается вследствие того, что система питания не подает топлива в цилиндры.

При отсутствии подачи необходимо проверить, не израсходовалось ли полностью топливо из бака, не закрыт ли кран топливного бака, в каком положении находится рычаг подачи топлива. Причиной прекращения подачи топлива может быть также засорение топливопровода. В этом случае необходимо продуть топливопровод.

Подача топлива часто нарушается вследствие попадания воздуха в топливоподающую систему. Тогда при нагнетательном ходе плунжеров насоса происходит сжатие лишь пузырьков воздуха. Подача топлива ухудшается, что сильно затрудняет запуск двигателя, а у работающего двигателя при этом снижается мощность вследствие пропуска подачи топлива в отдельные цилиндры. Чтобы удалить воздух из системы, необходимо заполнить топливом все топливопроводы, каналы и полости фильтров, насоса и форсунок при неработающем двигателе. С этой целью поочередно отвертываются пробки, закрывающие продувочные отверстия в фильтрах, на головке топливного насоса, и топливо прокачивается ручным насосом до тех пор, пока из продувочных отверстий не пойдет сплошная струя.

Причиной того, что дизель не запускается, может быть неисправность топливного насоса или форсунок. Следует помнить, что для разборки и регулирования топливного насоса и форсунок требуется специальный инструмент, а выполнять эту работу может только опытный механик в мастерской.

Запустить дизель невозможно, если рычаг декомпрессора занял неправильное положение. Необходимо следить за тем,

чтобы при запуске рычаг декомпрессора находился в положении для запуска.

Не следует слишком рано переводить рычаг редуктора в положение ускоренной передачи. Это также может затруднить запуск дизеля.

Дизель работает с перебоями и не развивает полной мощности

Если мощность дизеля падает или если он работает с перебоями, причиной этого может быть недостаточная подача топлива, неисправность топливного насоса высокого давления и форсунок, неправильная регулировка момента начала подачи топлива.

Недостаточная подача топлива может быть вызвана попаданием воздуха в систему питания, засорением топливных фильтров предварительной и тонкой очистки или фильтров, находящихся в насос-форсунках, неисправностью топливоподкачивающего насоса. Для выявления этих неисправностей проще всего измерить давление в различных частях системы питания. Так, например, топливоподкачивающий насос дизеля ЯАЗ-204 создает давление в магистрали между фильтром тонкой очистки топлива и насос-форсункой около 3 кг/см^2 . Если при числе оборотов коленчатого вала, равном 2000 в минуту, давление окажется более 3 кг/см^2 , то, очевидно, засорились фильтры насос-форсунок, вследствие чего увеличилось сопротивление для протекания топлива после участка, в котором измеряется давление. Наоборот, если давление в этой же магистрали будет низким, то это может произойти или потому, что чрезмерно загрязнен фильтр тонкой очистки, или потому, что в системе имеются неплотности в соединениях.

При засорении фильтров предварительной или тонкой очистки необходимо сменить их фильтрующие элементы. Неплотности в системе могут быть причиной попадания воздуха в трубопроводы и подтекания топлива, поэтому за плотностью соединений системы водитель машины должен постоянно наблюдать.

Недостаточная подача топлива часто происходит вследствие большого износа отдельных деталей топливоподкачивающего насоса и, в частности, его сальников. При этом происходит утечка топлива, производительность насоса уменьшается. Изношенный насос следует снять с двигателя и передать в мастерскую для ремонта.

Работа дизеля с перебоями и с пониженной мощностью может происходить вследствие неисправностей насосов высокого давления или форсунок. К числу таких неисправностей следует отнести зависание обратного клапана топливного насоса, поломку пружины обратного клапана, чрезмерный износ или заедание толкателя топливного насоса, заедание рейки топливного насоса, зависание иглы распылителя форсунки, засорение сопловых отверстий распылителя. Во всех этих случаях рекомендуется заменить топливный насос (или форсунку) новым, а неисправный отправить в ремонт.

Причиной неудовлетворительной работы дизеля может быть установка неправильного момента начала подачи топлива и неравномерная подача секциями топливного насоса или насос-форсунками. В этом случае необходимо установить правильный момент подачи топлива по меткам на маховике или шестернях и отрегулировать секции топливного насоса или насос-форсунки на равномерную подачу топлива.

Падение мощности происходит также вследствие засорения воздухоочистителя. В этом случае необходимо очистить и промыть воздухоочиститель.

Дизель работает с дымным выпуском отработавших газов

Дымность отработавших газов и окраска дыма часто позволяют судить о том, что именно неисправно в дизеле.

Во всех случаях, когда по каким-либо причинам топливо сгорает в цилиндрах двигателя неполностью, из выпускного трубопровода выходит дым, имеющий серокоричневую или черную окраску. Неполное сгорание может происходить, например, при засорении воздухоочистителя, когда он недостаточно пропускает воздух. При применении топлива несоответствующего качества или при плохом распыливании в камере сгорания отработавшие газы также приобретают темную окраску.

Увеличение дымности отработавших газов вызывается неправильной установкой угла опережения впрыска. Слишком малый угол опережения впрыска, кроме дымного выпуска, сопровождается потерей мощности при мягкой и спокойной работе дизеля. Чрезмерно большой угол опережения впрыска, кроме дымного выпуска, сопровождается потерей мощности и жесткой работой дизеля. Правильная установка угла опережения впрыска по меткам на шестер-

нях и на маховике резко понижает дымность отработавших газов.

Черный дым в отработавших газах наблюдается при большой перегрузке дизеля, а также в тех случаях, когда двигатель изношен и происходит пропуск газов через поршневые кольца и через клапаны. В этом случае рекомендуется отремонтировать двигатель и в первую очередь сменить поршневые кольца и притереть клапаны.

При проникновении в камеру сгорания большого количества картерного масла дым в отработавших газах приобретает голубовато-синюю окраску. Это может происходить или при значительном износе двигателя, или при наличии в картере излишнего масла.

При избыточной подаче топлива в камеру сгорания, а также при попадании воды в топливо в отработавших газах появляется густой светлобурая дым. Такую же окраску отработавшие газы имеют при работе под нагрузкой недостаточно прогретого дизеля.

Дизель работает со стуком

Стуки при работе дизеля возникают при неправильном регулировании отдельных его механизмов и при большом износе деталей.

Неправильная установка опережения впрыска, чрезмерно низкое давление распыливания топлива, нарушение регулировки клапанов являются наиболее частыми причинами возникновения стуков при работе дизеля.

Стуки при работе дизеля становятся особенно заметными при износе поршневых пальцев, поршней, коренных и шатунных подшипников.

Дизель перегревается

При перегреве дизеля уменьшается наполнение цилиндров, а условия работы его деталей значительно ухудшаются, поэтому нельзя допускать работы дизеля с перегревом. Необходимо немедленно устранять причины, вызывающие перегрев.

Перегрев дизеля может происходить при большом отложении нагара в камерах сгорания. В этом случае следует снять головку блока и удалить нагар.

Причиной перегрева может явиться неудовлетворительная работа системы охлаждения. Если при этом система заполнена водой, то следует проверить натяжение ремня вентилятора и убедиться в отсутствии его пробуксовки. Необ-

ходимо периодически очищать радиатор снаружи, так как грязь и пыль значительно уменьшают теплоотдачу окружающему воздуху. Наличие накипи на стенках рубашки и радиатора также вызывает перегрев двигателя. Поэтому для удаления накипи необходимо промывать систему содовым раствором.

Дизель может перегреваться и при неудовлетворительной работе системы смазки. В этом случае следует долить масло в картер до установленного уровня, промыть масляные фильтры или сменить фильтрующие элементы, промыть маслопроводы и отрегулировать редукционный клапан системы.

Перегрев дизеля происходит также и при его перегрузке. Поэтому не следует допускать работу дизеля с перегрузкой. Надо либо уменьшить нагрузку, либо работать на следующей низшей передаче.

* * *

Для обеспечения работы дизеля с наибольшей мощностью, с наименьшим расходом топлива и без аварий необходимо своевременно проводить техническое обслуживание дизеля.

Одной из основных задач технического обслуживания и ремонта дизеля является установление правильных зазоров между трущимися деталями. При нарушении этих зазоров ухудшаются условия смазки, возникают ударные нагрузки на детали и происходит их быстрое разрушение. Чтобы обеспечить сохранение необходимых зазоров при ремонте, основные сопрягающиеся детали кривошипно-шатунного механизма выпускаются нескольких ремонтных размеров. Так, например, изношенная гильза цилиндра растачивается при ремонте под определенный ремонтный размер поршня, который несколько больше размера поршня нового дизеля. Такие ремонтные размеры сопрягающихся деталей обычно приводятся в таблицах, помещаемых в инструкциях и в руководствах по ремонту.
