

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

А.А. Хохлов
А.Л. Хохлов
И.Р. Салахутдинов

Сервис топливной аппаратуры:
краткий курс лекций



Димитровград - 2023

УДК 631.3.0
ББК 39.3
Х - 86

Хохлов, А.А. Сервис топливной аппаратуры: краткий курс лекций / А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2023.- 35 с.

Рецензенты: Глущенко Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Сервис топливной аппаратуры: краткий курс лекций для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация мобильных
машин и социально - гуманитарных дисциплин
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2023г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2023г.

© Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2023

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2023

Оглавление

Тема 1 Технические требования к топливной аппаратуре дизельных двигателей.....	4
Тема 2 Организация сервиса топливной аппаратуры дизелей.....	10
Тема 3 Ремонт топливной аппаратуры дизелей.....	17
Тема 4 Требования к топливной аппаратуре двигателей с внешним смесеобразованием.....	22
Тема 5. Организация сервиса топливной аппаратуры бензиновых двигателей.....	25
Тема б. Техническое обслуживание элементов системы питания двигателя газом.....	29

РАЗДЕЛ 1. СЕРВИС ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ

Тема 1 Технические требования к топливной аппаратуре дизельных двигателей.

1. Организация смесеобразования в дизелях.

Процессы топливоподачи, смесеобразования, воспламенения и горения характеризуются крайней нестационарностью. Вследствие перемещения поршня, а также из-за интенсивного выделения тепла после воспламенения непрерывно меняются давление и температура в цилиндре. Топливо впрыскивают при переменном давлении, а образующаяся неоднородная по структуре струя распыленного топлива взаимодействует с организованным в камере воздушным вихрем. Сложность процессов усугубляется широким фракционным составом топлив. Все это приводит к значительной температурной и концентрационной неоднородности горючей смеси, по-разному изменяющейся во времени в отдельных зонах камеры сгорания. Характер взаимодействия указанных факторов во многом зависит от конструктивных особенностей двигателя: размеров цилиндра, частоты вращения, принятого способа смесеобразования и процесса топливоподачи, а также от режима работы дизеля.

Сложность условий, сопутствующих смесеобразованию, воспламенению и сгоранию топлива, не позволяет с полной достоверностью описать механизмы физико-химических процессов, происходящих в цилиндре дизеля. Однако на основе многолетнего опыта отмечено, что осуществление оптимального процесса тепловыделения определяет две основные задачи, которые следует решать при организации процесса смесеобразования в быстроходно: дизеле.

Во-первых, с целью обеспечения допустимой степени жесткости процесса сгорания необходимо, чтобы к моменту начала воспламенения в цилиндре дизеля находилось как можно меньше горючей смеси, соответствующей по своим концентрационно-температурным характеристикам условиям самовоспламенения. Допустимая минимальная доза смеси, способной к воспламенению, определяется условиями устойчивого протекания процесса и обеспечения оптимальной скорости тепловыделения.

Во-вторых, для осуществления эффективного горения следует чтобы после воспламенения и окончания периода быстрого горения испарение топлива и смешение его паров с воздухом происходило с максимально возможной скоростью. Процесс должен быть организован таким образом, чтобы к каждому элементу топлива был подведено необходимое для его полного сгорания количество кислорода, а продукты сгорания были удалены из зоны горения.

Нагрев и испарение топлива, взаимная диффузия и перемешивание паров топлива с воздухом осуществляются в результате взаимодействия двух процессов: распространения в пространств камеры сгорания струй распыленного топлива (определяется конструкцией элементов топливной системы и формой камеры сгорания) и движения воздушного заряда (определяется формой; газодинамическими характеристиками камеры сгорания и впускного тракта). После воспламенения топлива возникает мелко масштабная турбулентность вследствие распространения волны давления от возникших очагов воспламенения. Требования к организации смесеобразования должны формулироваться в зависимости от характера взаимодействия этих процессов.

Впрыск топлива в цилиндр осуществляется под большим давлением: 20-40 МПа для тихоходных, 80-100 МПа - для быстроходных дизелей и 100-200 МПа - для насос-форсунок. В результате значительного перепада давлений в выходном отверстии сопла форсунки и в камере сгорания, скорость истечения топлива достигает 100-400 м/сек, что приводит к его быстрому распаду на микрочастицы (5-50 мкм). С уменьшением диаметра сопла и снижением вязкости топлива качество распыла возрастает. Длина факела l

должна быть такой, чтобы частицы топлива успевали сгореть до подхода к охлажденной стенке камеры. С увеличением давления впрыска длина факела возрастает; с повышением плотности сжатого в камере воздуха она уменьшается.

2 Способы смесеобразования.

В дизелях различают неразделенные и разделенные камеры сгорания и соответственно способы смесеобразования:

однокамерный или непосредственный - топливо впрыскивается непосредственно в неразделенную камеру сгорания (к этому способу относятся объемное, пленочное и объемно-пленочное смесеобразование);

предкамерный - камера сгорания состоит из двух неравных по объему частей;

вихрекамерный - сферическая или цилиндрическая камера располагается в крышке цилиндра.

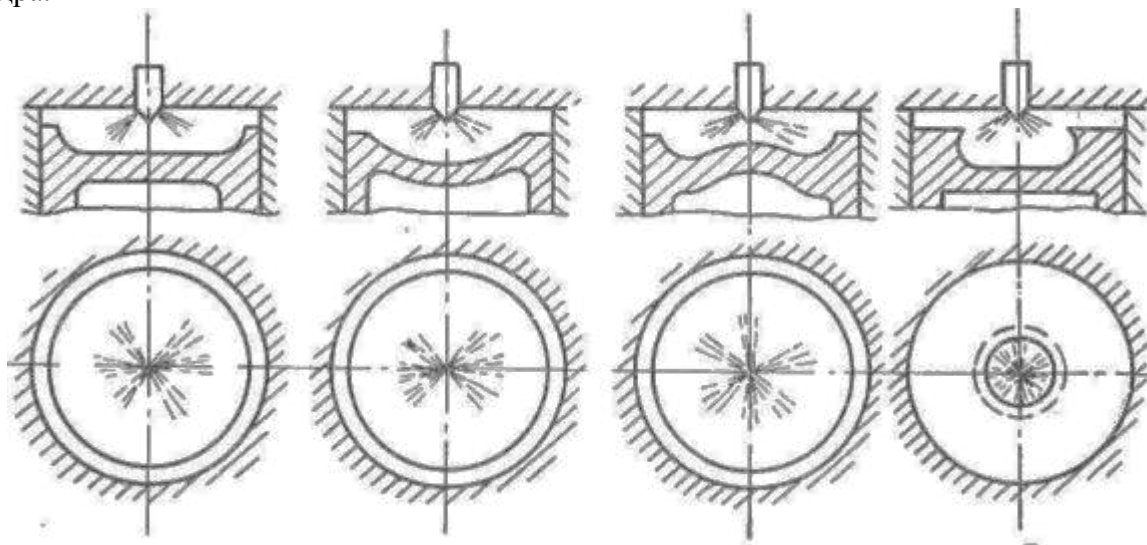


Рис. 1 – Схемы неразделенных камер сгорания

Непосредственный способ смесеобразования применен в дизелях большой и средней мощности как тихоходных, так и средней быстроходности. На рис. 1 представлены схемы некоторых неразделенных камер сгорания. Камеры образованы днищами поршня и крышки и стенками цилиндра. Топливо впрыскивается через несколько (3-10) сопловых отверстий топливной форсунки. Равномерному качественному распылу также способствует конфигурация камеры, согласованная с направлением и длиной факела топлива. Непосредственный способ смесеобразования обеспечивает высокую экономичность работы двигателя благодаря малым потерям тепла и облегченный пуск двигателя из холодного состояния.

К недостаткам непосредственного способа смесеобразования следует отнести жесткую работу двигателя и дорогостоящую топливоподающую аппаратуру.

При пленочном смесеобразовании большую часть топлива в жидкой фазе (90-95%) наносят на внутреннюю поверхность полушаровой камеры сгорания в поршне (рис. 1), где оно испаряется и поджигается воспламенившейся струей топлива (5-10%), распыленного обычным способом. При объемно-пленочном смесеобразовании часть топлива распыливается в воздушном заряде, а другая попадает на стенки. При пленочном и объемно-пленочном смесеобразовании топливо впрыскивается под давлением, равным 15 МПа. Завихрение в камере создается в результате установки экрана на всасывающем клапане или за счет соответствующей конфигурации всасывающего канала в крышке. Эти способы смесеобразования обеспечивают работу на различных сортах топлива, а также меньший шумовой уровень двигателя.

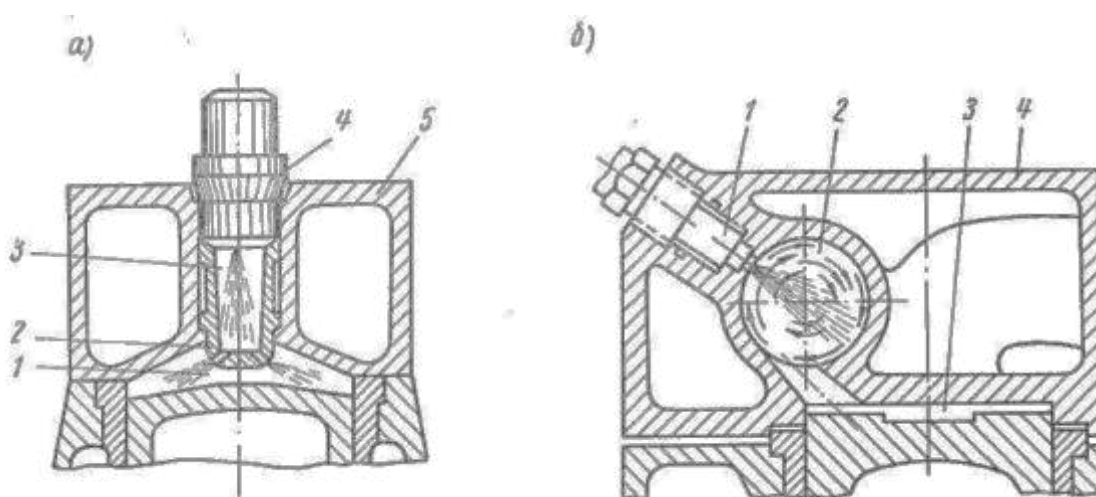


Рис 2 – Схемы разделенных камер сгорания

Для быстроходных дизелей малой мощности (цилиндровая мощность 100 кВт) характерен предкамерный способ смесеобразования. Камера сгорания (рис. 2, а) состоит из предкамеры 3 небольшого объема, расположенной в крышке 5, и главной камеры 1 (надпоршневое пространство). Предкамера соединена одним или несколькими каналами (2-10 мм) 2 с главной камерой. Объем предкамеры составляет 25-30% общего объема камеры сгорания. При сжатии воздух, перетекая в предкамеру, интенсивно завихряется, хорошо перемешивается с топливом, которое впрыскивается форсункой 4 под большим давлением (8-10 МПа) и частично (из-за недостатка воздуха) сгорает. Образовавшиеся газы выбрасывают несгоревшее топливо с большой скоростью из предкамеры, обеспечивая его хорошее распыливание и перемешивание с воздухом в основной камере. В основной камере топливо догорает. Достоинствами двигателей с предкамерным смесеобразованием являются: менее жесткая работа двигателя, более низкие давления впрыска, сопловые отверстия форсунок несколько большего диаметра (2-10 мм), чем у форсунок неразделенных камер, более дешевая топливная аппаратура и меньшая чувствительность к качеству топлива (пригодность для сжигания тяжелых сортов топлива). К недостаткам относятся: сложность конструкции крышек, меньшая экономичность двигателя и затруднительный пуск из холодного состояния. В двигателях с вихрекамерным смесеобразованием (рис. 2, б) вихревая камера 2 занимает до 80% объема камеры сгорания, размещаясь в крышке 4 цилиндра 3. В процессе сжатия воздух в вихревой камере интенсивно завихряется, обеспечивая хорошее смесеобразование. Впрыск топлива в вихревую камеру осуществляется однодырчатой форсункой 1 под давлением 10-12 МПа.

Вихрекамерное смесеобразование широко применяют в высокооборотных двигателях малой мощности, используемых для привода электрогенераторов. Удельный расход топлива в двигателях с раздельными камерами сгорания составляет 0,25-0,29 кг/(кВт·ч). Увеличение расхода топлива в этих двигателях обусловлено значительными тепловыми потерями в камере из-за большей поверхности охлаждения и гидравлических сопротивлений, возникающих при перетекании газов из вспомогательной камеры в главную. За счет тепловых потерь снижается температура в конце сжатия. Для облегчения запуска двигателя применяют специальные запальные приспособления: свечи накаливания или неохлаждаемые вставки.

Особенности процесса смесеобразования при использовании в дизелях сжиженного газа следующие: впрыск сжиженного газа в камеру сгорания осуществляется с меньшим давлением, чем впрыск дизельного топлива; большая испаряемость газа; незначительные силы поверхностного натяжения и малая кинематическая вязкость. Благодаря этому достигается быстрый распад газового факела на мелкие капли и их испарение, что

обеспечивает получение качественной микроструктуры топливной смеси в камере сгорания. В то же время указанные свойства в сочетании с малой удельной массой сжиженного газа уменьшают пробивную способность и дальнобойность топливного факела в воздушном заряде цилиндра дизеля.

3. Топливоподача в дизелях. Характеристики процессов топливоподачи.

Топливоподающая аппаратура должна подавать за цикл необходимое количество топлива с учетом изменяющихся скоростных, и нагрузочных режимов работы при требуемой идентичности протекания процессов топливоподачи от цикла к циклу и по всем цилиндрам двигателя.

В процессе работы форсунки происходит приработка и некоторое изнашивание нагруженных торцовых поверхностей деталей, что приводит к изменению начального установочного давления начала подъема иглы форсунки и ухудшению показателей топливоподачи. При уменьшении давления начала подъема иглы форсунки увеличиваются угол опережения и продолжительность впрыскивания топлива, интенсифицируется нагароотложение в распылителе форсунки. Поэтому при эксплуатации дизелей необходимо периодически (в регламентированные правилами технического обслуживания сроки) проверять и регулировать давление начала подъема иглы форсунки.

Цикловых параметры $\Delta g_{II}(\Delta V_{II})$, η_{iII} , η_{MII} влияют на эффективный крутящий момент M_k , характеризующий динамические качества двигателя. Так как эффективный КПД $\eta_e = \eta_i \eta_M$ максимален в рабочем диапазоне скоростных режимов, то изменение M_k в условиях скоростной характеристики в основном зависит от характера, изменения.

$\Delta g_{II}(\Delta V_{II}) = f(n_k)$. Кривые, показывающие закономерности изменения цикловой подачи топлива $\Delta g_{II}(\Delta V_{II})$ от частоты вращения кулачкового вала топливного насоса n_k при закрепленной рейке и неизменном давлении начала подъема иглы форсунки, называют *скоростными характеристиками подачи топлива*. Их определяют при совместной работе топливного насоса высокого давления и форсунки.

Для разделенной топливоподающей аппаратуры тракторных, автомобильных и комбайновых дизелей с регулированием подачи изменением конца впрыскивания при неизменном начале подачи с повышением частоты вращения кулачкового вала топливного насоса цикловая подача возрастает. Это объясняется преобладающим влиянием дросселирования топлива в окнах втулки плунжера по сравнению с влиянием на уменьшение подачи при этом сжимаемости топлива и упругости деталей топливоподающей системы и привода. Таким образом, в рабочем диапазоне скоростных режимов дизеля от n_n до $n_{Mk.max}$ наблюдается снижение цикловой подачи, т. е.

неблагоприятное протекание кривой $\Delta g_{II}(\Delta V_{II}) = f(n_k)$ с точки зрения обеспечения требуемых динамических качеств дизеля.

Для увеличения запаса крутящего момента предусматривается увеличение цикловой подачи топлива на 10...15% по сравнению с номинальной при уменьшении скоростного режима дизеля от n_n до $n_{Mk.max}$ за счет применения корректирующих устройств.

Характеристики подачи корректируют увеличением активного хода плунжера S_a или за счет роста коэффициента подачи: n_n , так как $\Delta V_{II} = V_T \eta_H = f_{II} S_a \eta_H$.

Например, в топливном насосе дизеля ЯМЗ-238 НБ устанавливают механический корректор, позволяющий дополнительно перемещать рейку насоса в сторону увеличения подачи топлива по мере уменьшения частоты вращения кулачкового вала насоса. В топливном насосе дизеля ЯМЗ-240 характеристики подачи топлива корректируют

изменением коэффициента подачи n_n с помощью специального нагнетательного клапана–корректора. Подробное устройство корректоров разных типов топливных насосов рассматривается при изучении конструкции тракторов и автомобилей.

В качестве примера на рис. 4 приведены скоростные характеристики подачи для топливоподающей аппаратуры дизелей ЯМЗ–240 без коррекции и с коррекцией подачи. При положении рейки топливного насоса, соответствующем полной подаче (кривая 1), с ростом частоты вращения кулачкового вала (n_k) $\Delta V_{ц}$ увеличивается незначительно. При частичной подаче (кривая 2) $\Delta V_{ц}$ с ростом n_k увеличивается в большей степени, чем при полной подаче, так как в этом случае давление в системе ниже и соответственно уменьшается влияние сжимаемости топлива на цикловую подачу. Дросселирование в окнах втулки плунжера с увеличением n_k возрастает. Для скоростных характеристик, приведенных на рис. 4, характерно пологое протекание кривой крутящего момента дизеля $M_k=f(n)$. При этом коэффициент приспособляемости [$\mu = 1,05 \dots 1,08$.]

На рис. 4 линиями 1' и 2' показаны зависимости цикловой подачи топлива от частоты вращения кулачкового вала насоса при действии корректора (нагнетательного клапана–корректора). В результате корректирующего действия клапана–корректора максимальная подача превышает ее номинальное значение на скоростном режиме $n_k = 1050$ об/мин на 4,5% (кривая 1'). При этом на частичной подаче (кривая 2') за счет коррекции с понижением n_k цикловая подача в области минимальной частоты вращения холостого хода ($n_{х.х.}$) несколько возрастает, чем достигается более устойчивая работа дизеля на холостом ходу.

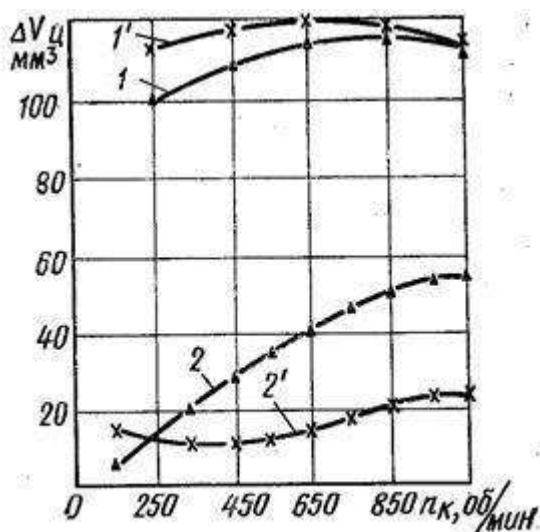


Рис. 4 - Зависимость цикловой подачи топлива $\Delta V_{ц}$ от скоростного режима для топливоподающей аппаратуры дизелей ЯМЗ–240

Работу топливоподающей аппаратуры оценивают также по изменению цикловой подачи топлива в зависимости от положения регулирующего органа насоса, например рейки топливного насоса. При этом получают зависимость цикловой подачи топлива от положения регулирующего органа насоса при постоянной частоте вращения кулачкового вала топливного насоса и неизменном давлении начала подъема иглы форсунки. Для оценки работы топливоподающей аппаратуры определяют также характеристики по давлению начала подъема иглы форсунки, показывающие закономерности изменения цикловой подачи топлива от давления начала подъема иглы форсунки при постоянной частоте вращения кулачкового вала и неизменном положении рейки топливного насоса.

На основании этих характеристик устанавливают ход рейки топливного насоса, при

котором достигаются максимальная и минимальная подачи топлива, а также определяют влияние давления начала подъема иглы форсунки на цикловую подачу топлива, что важно учитывать при настройке и регулировке топливopодающей аппаратуры.

4. Показатели технического уровня и требования, предъявляемые к топливной аппаратуре

Общие положения. От топливной аппаратуры зависят основные мощностные и экономические показатели дизеля, его надежность, стабильность параметров, удельные массовые к объемные характеристики, уровень создаваемого звука, а также токсичность и дымность отработавших газов. Топливная аппаратура АТД должна обеспечить подачу за короткий промежуток времени (0,001-0,01 с) точно дозированных малых порций топлива (10 - 500 мм³), в заданный период рабочего цикла в цилиндры дизеля в соответствии с порядком их работы пол высоким (до 100 МПа и более) давлением, изменяющимся по определенному закону.

Эксплуатация АТД осуществляется с теми же, имеющими различные физико-химические свойства, при неодинаковых климатических условиях, в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

В состав ТА входят топливный насос высокого давления; подкачивающий насос; встроенный всережимный, одно- или двухрежимный регулятор; положительный и отрицательный корректоры протекания внешней скоростной характеристики; пусковой обогатитель подачи топлива; корректор по давлению наддува; встроенный или навесной автомат опережения впрыскивания; плотностно-вязкостный корректор, учитывающий изменение физических свойств топлив; корректор подачи топлива в зависимости от атмосферного давления; устройство аварийной остановки двигателя.

Насосы должны смазываться маслом от смазочной системы двигателя или дизельным топливом. Топливные насосы с автоматическим смазыванием от системы дизеля должны иметь устройства для отвода от плунжерных пар дренажного топлива в систему низкого давления (перетекание топлива в картер насоса с дренажом допускается не свыше 0,05 производительности секций). В состав ТА входят также форсунки, нагнетательные трубопроводы, системы фильтрации и питания насоса топливом.

Топливная аппаратура может оснащаться устройством отключения цилиндров при работе дизеля на режиме холостого хода с целью обеспечения более низкого уровня оборотов холостого хода и уменьшения расхода топлива на этом режиме. Подкачивающий насос, автомат опережения впрыскивания и элементы системы защиты дизеля могут встраиваться в ТА или устанавливаться на дизеле. Степень оснащения ТА различными устройствами определяется функциональным назначением дизеля и оговаривается в ТУ на поставку.

Основные потребительские качества ТА оцениваются показателями технического уровня. Возможна комплексная, интегральная оценка ТА при использовании ее на данной модели дизеля по обобщенному показателю, характеризующему эффективность дизеля в эксплуатации. Таким обобщенным показателем может явиться стоимость единицы вырабатываемой дизелем энергии.

Показатели технического уровня ТА в настоящее время еще окончательно не отработаны, однако в соответствии со сложившейся практикой их можно разделить на следующие группы:

показатели, определяющие условия впрыскивания топлива в цилиндр дизеля (характеристика впрыскивания и давления впрыскивания, изменение угла опережения впрыскивания);

показатели производительности ТА (V_n , G_T , ..) на номинальном режиме, режимах максимального крутящего момента и пуска и др., характеристики производительности системы при изменении частоты вращения вала насоса;

показатели стабильности параметров ТА - идентичность условий подачи топлива во все цилиндры дизеля, а также стабильность показателей от цикла к циклу и при изменении условий работы ТА;

показатели надежности (срок службы, отказность, включая характеристики стабильности исходных конструктивно-регулируемых параметров в процессе эксплуатации);

показатели, характеризующие стоимость обслуживания и ремонта ТА в эксплуатации - периодичность и объемы техобслуживания, ремонтпригодность, средняя стоимость комплекта запасных частей, необходимых для эксплуатации изделия в течение срока службы;

габаритно-массовые показатели - габаритные размеры, масса изделий ТА, удельные массовые и габаритные характеристики. Показатели технологичности - трудоемкость изготовления, степень унификации между деталями и узлами.

Тема 2 Организация сервиса топливной аппаратуры дизелей

1. Организация участка для технического обслуживания топливной аппаратуры дизелей.

Участок по ремонту топливной аппаратуры предназначен для текущего ремонта узлов и агрегатов системы питания двигателя, нуждающихся в ремонте.

В цехе по ремонту топливной аппаратуры установлено оборудование, приспособления, необходимые для проведения разборочно-сборочных работ, слесарно-механических, сварочных, жестяночных, регулировочных работ, а также имеются в наличии разные инструменты для разборки-сборки узлов и агрегатов системы питания двигателя. Особое внимание при этом уделяется повышению качества технического обслуживания и текущего ремонта.

На участке производят ремонт топливных насосов высокого давления с топливоподкачивающим насосом, форсунок, топливопроводов высокого давления, фильтров. Также на участке проводят ремонт, регулировку, проверку, испытание и консервацию новых и запасных узлов топливной аппаратуры. Тем самым добиваются повышения производительности труда за счет снижения до минимума времени простоя из-за неисправной топливной аппаратуры. Качество выполняемых на участке работ во многом зависят от квалификации специалистов, оборудования и приспособлений, использованных при ремонте.

Согласно требованиям пожарной безопасности в цехе располагается пожарный щит и ящик с песком. Для оказания первой медицинской помощи при травмах участок оборудован аптечкой.

Разработка проекта цеха топливной аппаратуры для автомобильного парка имеет большое значение, а выбор и расстановка оборудования произведены исходя из технологического процесса капитального ремонта агрегатов и узлов системы питания

При определении размеров участка должны обеспечиваться их управляемость, равномерная загрузка исполнителей и возможность эффективного применения прогрессивных методов организации производства и средств механизации.

Площадь участка определяется по формуле:

$$F_{уч} = f_0 \cdot K_n,$$

где K_n – коэффициент плотности расстановки оборудования учитывающих наличие проходов и проездов, для топливного цеха равен 4;

f_0 – площадь оборудования, м.кв.;

2 Диагностирование топливной аппаратуры дизеля

Диагностика систем питания дизельных двигателей проводится методами ходовых и стендовых испытаний и оценки состояния механизмов и узлов системы после их демонтажа.

При *диагностике методом ходовых испытаний* определяют расход топлива при движении автомобиля с постоянной скоростью на мерном горизонтальном участке (1 км) шоссе с малой, интенсивностью движения. Чтобы исключить влияние подъемов и спусков, выбирают маятниковый маршрут, т. е. такой, на котором автомобиль движется до конечного пункта и возвращается по той же дороге. Количество израсходованного топлива измеряют с помощью расходомеров объемного типа. Диагностирование систем питания можно проводить и одновременно с испытанием тяговых качеств автомобиля на стенде с беговыми барабанами.

Расходомеры применяют не только для диагностики системы питания, но и для обучения водителей экономному вождению.

Токсичность отработавших газов двигателей проверяют на холостом ходу. Для дизельных двигателей при этом используются фотометры (дымометры) или специальные фильтры. *Дымность отработавших газов* оценивается по оптической плотности отработавших газов (ГОСТ 21393—75), которая представляет собой количество света, поглощенного частицами сажи и другими светопоглощающими дисперсными частицами, содержащимися в газах. Она определяется по шкале прибора. Основой прибора является прозрачная стеклянная труба, которую пересекает световой поток. Степень поглощения света зависит от задымленности газов.

Отбор исследуемых газов осуществляется с помощью газоотборника, устанавливаемого в измерительной трубе, которая через ресивер соединяется с выхлопной трубой двигателя. Для повышения давления в измерительной трубе она может быть при необходимости оборудована заслонкой.

Измерение дымности проводится при ТО после ремонта или регулировки топливной аппаратуры на неподвижно стоящем автомобиле в двух режимах работы двигателя на холостом ходу свободного ускорения (т.е. разгона двигателя от минимальной до максимальной частоты вращения вала) и максимальной частоты вращения вала. Температура отработавших газов не должна быть ниже 70°C. Дымность отработавших газов у автомобилей КамАЗ их модификаций в режиме свободного ускорения не должна превышать 40%, а на максимальной частоте вращения 60%.

Диагностирование системы питания дизельных двигателей включает в себя проверку герметичности системы и состояния топливных и воздушных фильтров, проверку топливоподкачивающего насоса, а также насоса высокого давления и форсунок.

Герметичность системы питания, дизельного двигателя имеет особое значение. Так, подсос воздуха во впускной части системы (от бака до топливоподкачивающего насоса) приводит к нарушению работы топливоподающей аппаратуры, а не герметичность части системы, находящейся под давлением (от топливоподкачивающего насоса до форсунок) вызывает подтекание и перерасход топлива.

Впускную часть топливной магистрали проверяют на герметичность с помощью специального прибора-бачка. Часть магистрали, находящуюся под давлением, можно проверять опрессовкой ручным топливоподкачивающим насосом или визуально при работе двигателя на частоте вращения холостого хода.

Состояние топливных и воздушных фильтров проверяют визуально. *Топливоподкачивающий насос и насос высокого давления* проверяют на стенде дизельной топливоподающей аппаратуры СДТА. При испытаниях и регулировке на стенде исправный топливоподкачивающий насос должен иметь определенную производительность при заданном противодавлении и давлении при полностью

перекрытом топливном канале (стенда производительность должна быть не менее 2,2 л/мин при противодавлении 150 — 170 кПа и давлении при полностью перекрытом канале 380 кПа). Топливный насос высокого давления проверяют на начало, равномерность и величину подачи топлива в цилиндры двигателя. Для определения начала подачи топлива применяют моментоскопы — стеклянные трубки с внутренним диаметром 1,5 — 2,0 мм, устанавливаемые на выходном штуцере насоса, и градуированный диск (лимб), который крепится к валу насоса. При проворачивании вала секции насоса подают топливо в трубки моментоскопов. Момент начала движения топлива в трубке первого цилиндра фиксируют по градуированному диску. Это положение принимают за 0° — начало отсчета. Подача топлива в последующие цилиндры должна происходить через определенные углы поворота вала в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Для двигателя 740 автомобиля КамАЗ порядок работы цилиндров 1 — 5 — 4 — 2 — 6 — 3 — 7 — 8, подача топлива в пятый цилиндр (секцией насоса 8) должна происходить через 45°, в четвертый (секцией 4) — 90°, во второй (секцией 5) — 135°, в шестой (секцией 7) — 180°, в третий (секцией 3) — 225°, в седьмой (секцией 6) — 270° и восьмой (секцией 2) — 315°. При этом допускается неточность интервала между началом подачи топлива каждой секцией относительно первой не более 0,5°.

Количество топлива, подаваемого в цилиндр каждой из секций насоса при испытании на стенде, определяют с помощью серных мензурок. Для этого насос устанавливают на стенд и вал насоса приводится во вращение электродвигателем стенда. Испытание проводится совместно с комплектом исправных и отрегулированных форсунок, которые соединяются с секциями насоса трубопроводами высокого давления одинаковой длины (600±2 мм). Величина цикловой подачи (количество топлива, подаваемого секцией за один ход плунжера) для двигателя 740 КамАЗ должна составлять 72,5—75,0 мм³/цикл. Неравномерность подачи топлива секциями насоса не должна превышать 5%.

Форсунки дизельного двигателя проверяют на стенде НИИАТ-1609 на герметичность, давление начала подъема иглы и качество распыливания топлива. Стенд состоит из топливного бачка, секции топливного насоса высокого давления и манометра с пределами измерения до 40 МПа. Плунжер секции насоса приводится в движение вручную с помощью рычага. Для проверки форсунки на герметичность затягивают ее регулировочный винт, после чего с помощью секции насоса стенда создают в ней давление до 30 МПа и определяют время падения давления от 30,0 до 23,0 МПа. Время падения давления для изношенных форсунок не должно быть менее 5 с. Для форсунок с новым распылителем оно составляет не менее 20 с. На том же приборе проверяют давление *начала* подъема иглы форсунки. Для этого в установленной на стенд форсунке с помощью секции насоса прибора повышают давление и определяют величину его, соответствующую началу впрыска топлива. У двигателей 740 КамАЗ впрыск топлива должен начинаться при 17,6 МПа.

На работающем двигателе давление начала подъема иглы можно определить с помощью максиметра, который по принципу действия аналогичен форсунке, но регулировочная гайка имеет микрометрическое устройство с нониусной шкалой, позволяющее точно фиксировать давление начала подъема иглы. Этот прибор устанавливают между секцией топливного насоса высокого давления и проверяемой форсункой. Добиваясь одновременности впрыска топлива форсункой и максиметром, по положению микрометрического устройства определяют, при каком давлении он происходит.

На приборе НИИАТ-1609 проверяют и качество распыливания топлива форсункой. Топливо, выходящее из сопел распылителя, должно распыливаться до туманообразного состояния и равномерно распределяться по всему конусу распыливания. Перспективным методом диагностики топливной аппаратуры дизелей является *измерение давления топлива и виброакустического импульса* в звеньях топливоподающей системы.

Для измерения давления между трубкой высокого давления и форсункой системы питания дизеля устанавливают датчик давления. Для измерения виброимпульсов на грани нажимной гайки трубки высокого давления монтируется соответствующий вибродатчик. Осциллограммы, полученные на исправном и неисправном комплектах топливной аппаратуры, различаются (главным образом по амплитудам). Сравнение осциллограмм проводится путем оценки их амплитудно-фазовых параметров. Возможно и визуальное сравнение.

Осциллографический метод позволяет оценить: углы опережения, начала подачи, впрыска, техническое состояние форсунок, нагнетательного клапана и автоматической муфты опережения впрыска. Следует отметить, что измерение изменения давления, хотя и обладает высокими информативностью и точностью, менее пригодно в условиях эксплуатации, чем виброметод из-за своей нетехнологичности (необходима разборка). Метод диагностики топливной аппаратуры по параметрам вибрации более универсален, технологичен (не требует разборки) и достаточно информативен. Достоверность определения технического состояния топливной аппаратуры не менее 90%. Трудоемкость диагностирования одного комплекта аппаратуры около 0,3 ч.

3. Испытание и регулировка топливных насосов высокого давления. Настройка регулятора.

Сборка и регулировка топливного насоса выполняются в такой последовательности.

Насосы собирают из узлов и деталей на тех же стендах и приспособлениях, на которых их разбирали. Сначала отдельно собирают регулятор. У собранного регулятора нормальный зазор между втулками грузов и осями должен быть в пределах 0,013-0,057 мм, между осью и проушинами крестовин - 0,003-0,025 мм и между втулкой муфты и валиком регулятора - 0,030-0,075 мм.

Головку топливного насоса 4ТН-8.5x10 собирают в специальном приспособлении. Комплект плунжеров, установленный в головку, должен быть одной группы плотности, так же, как и комплект нагнетательных клапанов. Перед установкой, прецизионные пары промывают в чистом бензине, а затем в чистом топливе. При установке нельзя трогать руками притертые торцы гильз плунжеров и седел клапанов, а также раскомплектовывать пары.

Корпус насоса собирают на стенде КИ-1606А. Сначала устанавливают кулачковый вал, он должен свободно вращаться на подшипниках и иметь осевой зазор в пределах 0,01-0,25 мм. Ставят шестерню с фрикционом: допускаемый момент проскальзывания шестерни, смазанной дизельным маслом, находится в пределах 80-90 кгс*см (8-9 Н*м.). Устанавливают рейку, регулятор, толкатели, головку насоса и топливоподкачивающий насос.

Регулируют топливный насос на стендах КИ-22205, используя летнее дизельное топливо и дизельное масло. Перед регулировкой насос с исправными форсунками обкатывают 30 мин при частоте вращения кулачкового вала 500 об/мин. Во время обкатки проверяют, а при необходимости регулируют давление топлива в магистрали головки насоса. Для топливных насосов двигателей ЯМЗ оно должно быть 1,3-1,5 кгс/см² или (1,3-1,5)*10⁵ Па, а для двигателей остальных марок - в пределах 0,6-1,1 кгс/см², или (0,6-1,1)*10⁵ Па. Не допускаются течи или просачивания топлива и масла в местах уплотнений, заедание, прихваты и местный нагрев выше 80°С. Замеченные неисправности устраняют. После обкатки сливают из насоса топливо, масло и проводят контрольный осмотр. Осевой зазор рейки и кулачкового вала допускается не более 0,3 мм.

Регулируют насос в такой последовательности: устанавливают ход рейки, настраивают регулятор, предварительно регулируют насос на производительность, регулируют момент начала впрыска топлива, окончательно регулируют насос на производительность и равномерность подачи топлива, проверяют автоматическое

выключение обогатителя, полное выключение топлива и установку болта жесткого упора.

1. Ход рейки насоса устанавливают так, чтобы при ее упоре в корректор подача топлива соответствовала нормальному часовому расходу топлива для двигателя данной марки, а при крайнем нулевом положении полностью прекращалась подача топлива. Ход рейки у насосов разных типов не одинаков и устанавливается разными способами.

Например, у насосов типа УТН-5 ход рейки равен 3-4 мм. Измеряют его штангенциркулем от торца рейки (в двух крайних ее положениях) до любой ближайшей плоскости корпуса насоса и устанавливают регулировочным болтом.

У насосов типа 4ТН-8,5х10 ход рейки равен 10,5-11 мм и изменяют его винтом вилки тяги регулятора.

2. Перед настройкой регулятора устанавливают на стенде необходимую частоту вращения, при которой должно происходить автоматическое выключение (снижение) подачи топлива. Она различна для двигателей разных марок; для Д-144 всех модификаций А-01М и Д-240, например, частота вращения равна 900 об/мин. Момент начала действия регулятора определяют при помощи листа тонкой бумаги, установленного между регулировочным болтом и призмой или пружиной корректора. В момент отхода болта бумагу можно, свободно вынуть при частоте вращения на 8-10% меньшей, чем установлена на стенде, и подача топлива должна полностью прекратиться. Если это условие не соблюдается, проводят настройку регулятора.

На производительность и равномерность насос регулируют с теми форсунками, с которыми он будет установлен на двигатель. Перед началом регулировки проводят пробный пуск насоса при включенной подаче топлива и по тахометру стенда определяют номинальную частоту вращения кулачкового вала насоса. Затем закрепляют рычаг регулятора в положении полной подачи и включают устройство отсчета числа оборотов. При этом топливо из форсунок будет проходить через датчики и попадать в мензурки. Через заданное число оборотов автоматически отключается подача топлива в мензурки. Количество топлива, подаваемое каждой секцией насоса, определяют по нижнему мениску мензурки.

Производительность насоса должна соответствовать техническим условиям для двигателя данной марки. Неравномерность подачи топлива отдельными секциями не должна превышать 6% для двигателей ЯМЗ и 3-4% для остальных двигателей.

Неравномерность подачи топлива определяют по формуле:

$$H = \frac{2 \cdot (K_{\max} - K_{\min})}{K_{\max} + K_{\min}} \cdot 100$$

где K_{\max} - количество топлива, собранное за время опыта насосным элементом, имеющим наибольшую подачу, г;

K_{\min} - количество топлива, собранное за время опыта насосным элементом, имеющим наименьшую подачу, г;

H - неравномерность подачи топлива, %.

Производительность насоса и неравномерность подачи проверяют два-три раза и берут среднее значение.

3. Начало впрыска топлива регулируют при номинальной частоте вращения кулачкового вала насоса. Перед началом регулировки насос обкатывают 5-7 мин при полной подаче топлива. Затем включают два левых тумблера стенда (сеть и лампу стробоскопического устройства), а спустя 1,5-2 мин - тумблер первой секции насоса. Через 0,5-1,0 мин в прорези неподвижного диска стенда появится светящаяся линия, а цифра на шкале против этой линии будет показывать угол начала впрыска топлива первой секцией. Для других секций угол будет изменяться через 90° по порядку работы цилиндров двигателя. Угол начала впрыска топлива двигателей различных марок различен, а показания на диске стенда зависят от конструктивных особенностей стенда.

Например, для двигателя СМД-14А он равен 22-23° по неподвижному диску на стендах КИ-22205 с заводским номером после 2210 и 45-46° по подвижному диску из оргстекла.

4. После регулировки угла начала впрыска у всех топливных насосов проверяют запас хода плунжера. Кулачок вала проверяемого плунжера ставят в положение в.м.т. и щупом измеряют зазор между головкой плунжера и регулировочным болтом. Он должен быть равен 0,8 мм для топливных насосов двигателей ЯМЗ и 0,3 мм для топливных насосов двигателей всех остальных марок.

5. Заключительные операции - проверка и регулировка автоматического выключения обогатителя, полного выключения подачи топлива и установки болта жесткого упора. После окончания регулировки устанавливают на место крышку регулятора, отъединяют форсунки, в отверстия угольников вставляют деревянные пробки, на распылители надевают защитные колпачки, а на штуцеры навертывают защитные гайки. Пломбируют верхнюю крышку регулятора, боковую крышку насоса, болт жесткого упора и крышку управления регулятора.

4. Проверка и регулировка основных агрегатов топливной аппаратуры

Топливоподкачивающий насос

Перед сборкой все детали промывают в чистом дизельном топливе и просушивают на воздухе.

Сначала собирают насос ручной подкачки. Поршень должен плавно перемещаться на всю длину цилиндра. Местные прихваты поршня в цилиндре и торможения не допускаются. Ролик должен свободно без заеданий поворачиваться на оси. Затем в корпус насоса устанавливают пружину, толкатель в сборе и крепят его стопорным штифтом. Устанавливают стержень толкателя, поршень, пружину и заворачивают пробку, подложив под нее прокладку. Ставят нагнетательные клапаны, закрывают их пробками и ввертывают насос ручной подкачки. Все подвижные детали насоса должны свободно перемещаться от руки и под действием пружин.

Шестеренчатый насос начинают собирать с установки корпуса шестерен на корпус насоса. Перекос корпуса шестерен на штифтах не допускается. Затем устанавливают валик в сборе с ведущей шестерней, ведомую шестерню и плиту корпуса насоса. Прижимные кольца устанавливают так, чтобы их конусные выточки были обращены к сальнику. Напрессовывают спиральную шестерню до упора в запячки и устанавливают редукционный клапан если его снимали. Ведущий валик должен проворачиваться от руки без заеданий и торможений.

Собранные насосы устанавливают на стенд КИ-22205 обкатывают и испытывают. Поршневой насос обкатывают в течение 6 мин при частоте вращения 650 об/мин, шестеренчатый - при 500 об/мин. Схема соединения топливопроводов на стенде при обкатке и испытании насосов показана на рисунке 110. Во время обкатки кран 3 мерного цилиндра 2 открыт. Испытывают насосы на производительность и максимально развиваемое давление при частоте вращения вала стенда 250 и 650 об/мин для поршневых, 500 и 250 об/мин для шестеренчатых насосов.

После обкатки фиксируют по тахометру стенда необходимую частоту вращения, затем одной рукой пускают счетное устройство, а другой одновременно перекрывают сливной кран мерного цилиндра и следят за рукояткой счетного устройства. При начале резкого перемещения рукоятки вверх перекрывают кран подачи топлива к насосу и останавливают стенд. По количеству топлива, собранному в мерном цилиндре за время испытаний, определяют производительность насоса. Она должна соответствовать техническим условиям для данного насоса.

Максимальное давление определяют в такой последовательности: открывают списковой кран мерного цилиндра, запускают стенд, плавно перекрывают кран подвода

топлива к манометру и по его показанию определяют давление. Оно также должно быть в пределах, установленных техническими условиями. Например, производительность поршневых топливоподкачивающих насосов при частоте вращения 650 об/мин без противодействия должна быть в пределах 2,7-3,0 л/мин, а максимальное давление 2,0-2,5 кгс/см² или (2,0-2,5)·10⁵ Па.

Если производительность и максимальное давление, развиваемое поршневыми насосами, не соответствует техническим условиям, то проверяют герметичность клапанов и зазор между поршнем и отверстием в корпусе. У шестеренчатых насосов регулируют перепускной клапан и проверяют торцевой зазор между шестернями и корпусом.

Форсунка

Форсунку собирают; в такой последовательности. Корпус форсунки зажимают в приспособлении, устанавливают штангу, пружину и навертывают гайку с регулировочным винтом. Навертывают контргайку шлифованным торцом к гайке пружины, ставят уплотнительную прокладку и завертывают колпак. Повертывают форсунку колпаком вниз, устанавливают распылитель в сборе на торец форсунки и закрепляют его гайкой с определенным усилием. Для форсунок типа ФШ усилие затяжки составляет 10-12 кгс*м (100-120 Н*м), а для форсунок двигателей ЯМЗ, Д-144, А-01М, А-03М- 7-8 кгс*м (70-80 Н*м).

Перед установкой распылитель промывают в чистом дизельном топливе. Игла, выдвинутая на $\frac{1}{3}$ своей длины при наклоне в 45° должна свободно опускаться в корпус распылителя под собственным весом. Установка распылителя с зависанием иглы не допускается.

Собранные форсунки проверяют на герметичность, качество распыла и регулируют давление впрыска на приборе КП-1609А или на стенде КИ-1404. Обкатывают их и подбирают в комплекты по пропускной способности на стенд КИ-22205 или специальном стенде КИ-1766. Подтекание топлива в местах крепления форсунки к прибору или стендам не допускается.

Топливо, распыливаемое отрегулированной форсункой должно быть туманообразным - в виде мельчайших капелек, без заметных вылетающих струй и местных сгущений, а конус распыла по размеру и направлению должен соответствовать техническим условиям. При выходе топлива из отверстия распылителя на торце распылителя не должно оставаться стекающих капелек. Номинальное давление начала впрыска у форсунок двигателей СМД-14 должно быть $130 \pm 2,5$ кгс/см²; А-01М, А-03М- 150 ± 5 кгс/см² и Д-144 - 170 ± 5 кгс/см². Испытанную форсунку устанавливают на стенд и обкатывают ее в течение 10-15 мин при включенной и зафиксированной подаче топлива и номинальной частоте вращения вала насоса. Затем каждую форсунку проверяют, а пропускную способность на одном и том же насосном элементе с одним и тем же топливопроводом. Во время проверки устанавливают соответствующее число циклов на счетном устройстве стенда и замеряют количество топлива, прошедшее через форсунку. Например, для штифтовых Форсунок топливных насосов типов 4ТН8,5Х10 и УТН-5 одна секция через топливопровод высокого давления длиной 670 мм должна подать 65 ± 2 см³/мин топлива за 650 ходов плунжера.

Форсунки по пропускной способности комплектуют в группы. Пропускная способность форсунок, входящих в один комплект, не должна отличаться более чем на 5%.

Топливные фильтры

Фильтрующие элементы грубой очистки должны быть тщательно промыты, а поврежденные места запаяны. Общая площадь пайки допускается не более 1 см². Фильтрующие элементы топлива тонкой очистки при ремонте заменяют новыми. Перед сборкой все детали топливных фильтров промывают дизельным топливом и просушивают. К сборке не допускаются детали с покоробленными плоскостями прилегания, трещинами и поврежденной резьбой.

При сборке фильтров тонкой очистки топлива следят за тем, чтобы между крышкой и стержнями фильтрующих элементов был зазор 2-3 мм. Собранные фильтры грубой очистки испытывают на герметичность, а фильтры тонкой очистки - на герметичность и величину гидравлического сопротивления. Испытание проводят на стенде КИ-22205

При испытании на герметичность включают стенд и, постепенно перекрывая кран распределителя, топливоподкачивающим насосом стенда создают давление в системе 2 кгс/см^2 ($2 \cdot 10^5$ Па). Подтекание топлива в любых местах фильтра в течение 2 мин не допускается.

Гидравлическое сопротивление фильтра тонкой очистки топлива определяют при номинальном режиме работы. Сначала замеряют производительность топливоподкачивающего насоса без фильтра, затем с фильтром. Разность показаний, отнесенная к производительности насоса, и определяет гидравлическое сопротивление фильтра. Оно должно быть не более 45% для двигателей ЯМЗ и 60% для двигателей остальных марок.

Тема 3 Ремонт топливной аппаратуры дизелей

1. Подготовка агрегатов дизельной топливной аппаратуры к ремонту

Агрегаты, подлежащие полному ремонту, разбирают в последовательности, определенной технологическими картами на разборку. В процессе разборки некоторые детали нельзя обезличивать, а узлы, которые хорошо поддаются промывке в сборе и дефектовке по зазору в сопряжении, надо разбирать частично. Не допускается обезличивание корпусов насоса и регулятора, кулачкового и приводного валов, шестерен привода насоса и регулятора, установочного фланца с наружными кольцами шарикоподшипников и кулачкового вала с внутренними кольцами этих же подшипников, корпуса подкачивающего насоса, стержней толкателей и других деталей. Топливный насос разбирают на специальном стенде СО-1606А. Стенд состоит из основания, прикрепляемого болтами к верстаку, и подвижных сменных головок и для закрепления и разборки различных насосов. Топливный насос сначала разбирают на узлы, затем с помощью универсальных двух- или трехлапчатых специальных съемников узлы разбирают на детали. Насосы типов ТН-8,5х10 и УТН-5 разбирают примерно такой последовательности.

Снимают крышку, и затем корпус регулятора. Отъединяют тягу регулятора от рейки насоса (ТН-8,5х10) или тягу рейки от промежуточного рычага (УТН-5), снимают регулятор в сборе. Демонтируют топливоподкачивающий насос (помпу) в сборе. Исправные прокладки под корпуса регулятора и топливоподкачивающего насоса, если они прочно прикреплены к корпусу топливного насоса, не снимают. Далее, у насоса ТН-8,5х10 снимают головку топливного насоса в сборе, крышку бокового люка, рейку, вынимают толкатели из гнезд и размечают их по гнездам. Снимают шлицевую втулку привода, спрессовывают с кулачкового вала приводную шестерню. Специальным ключом отвертывают гайки фрикционной муфты, снимают пружины, шестерню, фланец и кулачковый вал в сборе с подшипниками и маслоотражателем. Наружные и внутренние кольца шарикоподшипников и втулку шестерни привода регулятора снимают специальными съемниками. Толкатели, головки секций топливных насосов разбирают на специальных приспособлениях и также при помощи специальных съемников. Регулятор и топливоподкачивающие насосы разбирают полностью в том случае, если их сопряжения и детали требуется восстанавливать.

Крупные детали: корпуса топливного насоса, регулятора, фильтров грубой и тонкой очистки и другие моют в общей моечной установке, если она имеется на

предприятия, горячими растворами препаратов МЛ-51, -типа МС и др. Чтобы не раскомплектовать необходимые детали одного насоса, их метят, связывают проволокой или укладывают в отдельные корзины. В этих же моечных установках очищают новые крупные детали, т. е. проводят расконсервацию.

Мелкие детали, прецизионные нераскомплектованные пары (распылители, нагнетательные клапаны, плунжерные пары) и подшипники очищают в ультразвуковых установках или в специальных ваннах керосином. Перед промывкой керосином прецизионные пары укладывают в ванну с ацетоном или неэтилированным бензином и выдерживают от 2 до 12 ч. Размягченный нагар в каналах деталей очищают специальными чистяками, изготовленными из меди, латуни или дерева. Во время мойки деталей и прецизионных пар в керосине нельзя пользоваться хлопчатобумажными концами, так как волокна могут попасть в топливопроводные каналы. Труднодоступные места деталей промывают щетками и ершами. Прецизионные пары после очистки промывают дизельным топливом и укладывают в специальную тару без их раскомплектовки.

Все детали топливной аппаратуры, кроме прецизионных пар, дефектуют так же, как и детали двигателей или других агрегатов: внешним осмотром, измерением износов, обнаружением трещин и т. п.

Износ прецизионных деталей оценивается тысячными долями миллиметра (микрометрами), и измерить его весьма трудно. Поэтому износ в прецизионных парах определяют на специальных приборах относительным способом по потере гидравлической плотности, т.е. утечке жидкости под определенным давлением. Утечка жидкости зависит не только от имеющихся зазоров в деталях, но и от температуры и вязкости жидкости. Поэтому проверку ведут при постоянной температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и определенной вязкости жидкости. Плунжерные пары проверяют на дизельном топливе или смеси двух весовых частей зимнего дизельного масла и одной части зимнего дизельного топлива. Распылители и нагнетательные клапаны проверяют на зимнем дизельном топливе вязкостью $3,5 \pm 0,1 \text{ сСт}$ ($3,5 \pm 0,1 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$).

Каждую прецизионную пару проверяют не менее трех раз. Пары, годные к дальнейшей работе, укладывают комплектно в одну тару, а негодные - в другую. Прецизионные детали, имеющие на рабочих поверхностях грубые риски, трещины, сколы и другие механические повреждения, а также следы перегрева (цвета побежалости) или коррозии, подлежат выбраковке без проверки на приборе. Гидравлическую плотность плунжерной пары определяют на приборе КП-1640А по времени, за которое топливо просочится через зазор между плунжером и гильзой. Гильзу устанавливают в гнездо прибора и заполняют ее топливом (смесью) из бачка прибора. Затем вставляют плунжер, нагружают его рычагом прибора и включают секундомер. Когда рычаг начнет быстро падать, секундомер выключают. Плунжерная пара имеет допустимый износ, если время падения равно не менее 3 с. У новой или восстановленной пары оно находится в пределах 45-90 с, на смеси и 30-60 с на дизельном топливе. Гидравлическую плотность у нагнетательных клапанов проверяют на приборе КИ-1086 по разгрузочному пояску и запорному конусу. Для этого проверяемый клапан с прокладкой устанавливают в прорезь корпуса прибора на подшипник специального устройства и запирают его рукояткой. Насосом ручной подкачки поднимают давление топлива в системе до $5,5 \text{ кгс/см}^2$ ($5,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$). В момент снижения давления по манометру до 5 кгс/см^2 ($5 \cdot 10^5 \text{ Па}$) включают секундомер и выключают его, когда давление снизится до 4 кгс/см^2 ($4 \cdot 10^5 \text{ Па}$). Нагнетательный клапан считается годным, если время падения давления на 1 кгс/см^2 (10^5 Па) равно не менее 30 с.

Для определения гидравлической плотности клапана по разгрузочному пояску поднимают специальным устройством запертый в корпусе клапан на 0,2 мм над седлом. Накачивают топливо в систему до давления 2 кгс/см^2 ($2 \cdot 10^5 \text{ Па}$) и секундомером измеряют время падения давления до 1 кгс/см^2 (10^5 Па). Если это время не менее 2 с, нагнетательный клапан считается годным.

Гидравлическую плотность распылителей проверяют на приборе КП-1609А по запорному конусу и зазору между корпусом и цилиндрической частью иглы распылителя. Для этого собирают форсунку и проверяют ее на приборе, как описано на стр. 230 и 231. Изношенные плунжерные пары, распылители, у которых зазор между корпусом и цилиндрической частью иглы больше допустимого, и нагнетательные клапаны с недопустимым износом по разгрузочному пояску отправляют в специализированные цеха для восстановления.

2. Ремонт топливного насоса

В процессе эксплуатации у подвижных сопряжений насоса увеличиваются зазоры, у неподвижных сопряжений нарушается прочность соединения, возникают деформация деталей и другие неисправности, в результате которых нарушается нормальная работа механизмов.

Корпус насоса и регулятора

Корпуса насоса и регулятора, изготовленные из серого чугуна или алюминиевого сплава и имеют следующие основные дефекты:

- трещины,
- износ гнезд под толкатели,
- износ гладких и резьбовых отверстий.

Корпус насоса выбраковывают при изломах, пробоинах и трещинах во внутренних перемычках или отколах стенок направляющих пазов под оси роликов толкателей. Трещины в чугунных корпусах заваривают электросваркой биметаллическими электродами или заделывают эпоксидным составом, а в алюминиевых - газовой сваркой с применением прутков такого же алюминиевого сплава.

Изломы и трещины устраняют наложением заплат. После восстановления проверяют коробление привалочных плоскостей и герметичность заварки. Коробление плоскостей более 0,05 мм устраняют шлифованием. При испытании наложенных швов керосином в течение 5 мин не должны появляться пятна керосина. Изношенные пазы под толкатели и гладкие отверстия восстанавливают постановкой втулок. Плоскость восстановленных пазов должна быть перпендикулярна плоскости корпуса под головку с точностью до 0,1 мм на длине 100 мм и иметь конусность не более 0,02 мм.

Изношенную резьбу в отверстиях восстанавливают постановкой пружинных вставок или нарезанием резьбы увеличенного размера.

Кулачковый вал

Кулачковый вал, изготавливаемый из стали 45 с закаленными поверхностями кулачков, эксцентрика и опорных шеек (нагревом ТВЧ до твердости HRC 52-63), имеет следующие дефекты:

- износ поверхности кулачков,
- износ эксцентрика,
- износ посадочных мест под подшипники и сальники,
- износ шпоночной канавки,
- износ резьбы.

Выбраковывают кулачковый вал при трещинах, изломах и аварийном изгибе. Незначительно изношенные кулачки шлифуют до восстановления профиля, но на глубину не более 0,5 мм. Кулачки с большим износом, эксцентрик, посадочные поверхности, а также изношенную резьбу восстанавливают наращиванием металла, такими же способами и материалами, как при восстановлении распределительных валов двигателей, и затем обрабатывают под номинальные размеры.

Изношенную шпоночную канавку фрезеруют под увеличенный размер, а при износе не более 0,2 мм зачищают стенки до выведения следов износа. В обоих случаях ставят ступенчатую шпонку. Смещение продольной оси шпоночной канавки относительно

диаметральной плоскости конуса впускается не более 0,1 мм, а относительно оси симметрии третьего кулачка - не более 0,15 мм.

Толкатели

Толкатель изнашивается по наружному диаметру, изнашивается также торец болта, ослабляется посадка и ролика в ушке толкателя, повреждается или ослабляется резьбовое соединение регулировочного болта.

Наружную поверхность толкателя хромируют и обрабатывают под номинальный или ремонтный размер. Отверстие под ось ролика развертывают под увеличенный размер оси. Изношенную или поврежденную резьбу в корпусе толкателя восстанавливают под увеличенный размер, изготавливают новый регулировочный болт.

Регулятор

Большинство деталей регулятора, изготовленных из сталей разных марок, в процессе эксплуатации приобретают следующие дефекты:

- износ подвижных сочленений осей,
- износ отверстий под оси и втулки,
- износ втулок, шпоночных и резьбовых соединений,
- износ посадочных мест под подшипники и сальники,
- изгиб деталей.

Особенность деталей регулятора - их небольшие размеры.

Изношенные гладкие отверстия развертывают под увеличенный размер осей и пальцев, а если позволяет конструкция детали, их наплавляют и сверлят отверстия номинального размера или восстанавливают постановкой втулки. Изношенные пальцы и оси заменяют новыми или изготавливают увеличенного (по диаметру) размера. Изношенные втулки заменяют новыми, развертывают под увеличенный ремонтный размер или осаживают. Например, ослабленные втулки в грузах регулятора или с износом их по отверстию под оси осаживают непосредственно в грузах. Между ушками груза устанавливают вспомогательную стальную втулку, пропускают через все втулки ось грузов и под прессом осаживают обе втулки одновременно, затем их развертывают под необходимый размер.

Изношенную резьбу восстанавливают нарезанием резьбы увеличенного или уменьшенного размера. Если позволяет конструкция детали, внутреннюю резьбу заваривают или обжимают и нарезают резьбу нормального размера. Изношенные канавки фрезеруют на ремонтный размер.

Посадочные места валиков под подшипники, сальники и втулки восстанавливают хромированием или осталиванием с последующим шлифованием под номинальный размер. Погнутые детали правят на плите, в тисках или на призмах под прессом.

Снятие с двигателя и установка элементов топливной аппаратуры на двигатель. Организация ремонта топливной аппаратуры, расчет ремонтного цеха, спецификация оборудования цеха. Подготовка узлов и деталей к ремонту.

Технологические процессы ремонта элементов топливной аппаратуры: топливного насоса высокого давления, топливоподкачивающего насоса, форсунок. Обкатка ТНВД.

3. Ремонт агрегатов топливной аппаратуры

Ремонт топливоподкачивающих насосов зависит от характера дефекта. Основные дефекты насосов поршневого типа:

- износ поршня и отверстия под поршень в корпусе,
- износ клапанов и их гнезд,
- износ стержня толкателя и его направляющего отверстия в корпусе,
- потеря упругости пружин,
- срыв резьбы под пробку клапана ручного насоса и под болты поворотных

угольников,

- трещины и облом фланца корпуса.

Изношенный поршень восстанавливают хромированием с последующим шлифованием под ремонтный размер. Отверстие в корпусе растачивают по поршню с обеспечением зазора между ними в пределах 0,015-0,038 мм. Допустимая овальность и конусность отверстия составляет не более 0,005 мм.

Текстолитовые нагнетательные клапаны заменяют новыми или притирают изношенные поверхности на чугунной плите пастой ГОИ или АП14В до выведения следов износа.

Поврежденные или изношенные гнезда клапанов фрезеруют специальной фрезой до получения необходимой чистоты и притирают чугунным притиром. Сильно изношенные гнезда клапанов восстанавливают постановкой сменного гнезда. Такое гнездо изготавливают из пальца гусеницы, устанавливают на резьбе в рассверленное отверстие и сверлят необходимые топливные каналы.

Изношенный шариковый клапан поршня ручной подкачки заменяют новым. Шарик легкими ударами молотка пристукивают к гнезду медной или латунной наставкой. Изношенный стержень толкателя заменяют новым, увеличенного размера и притирают по отверстию корпуса.

Сломанные пружины заменяют новыми, а потерявшие упругость - восстанавливают или также заменяют новыми.

Резьбу под пробку клапана восстанавливают нарезанием резьбы ремонтного размера, а при повреждении резьбы под болты поворотных угольников или штуцеров устанавливают в корпусе насоса переходные штуцеры.

У шестерчатых насосов изнашиваются зубья по толщине и длине, крышка корпуса и корпус насоса в местах прилегания торцов шестерен, втулка ведущего валика, ось и отверстие ведомой шестерни, резьбовые отверстия в корпусе. Шестерни с изношенными по длине зубьями восстанавливают припайванием к торцу (твердым припоем) диска из малоуглеродистой стали. Припаянный диск прорезают и обрабатывают по профилю зуба.

Шестерни с износом зубьев по толщине до размеров, выходящих за пределы допустимых, заменяют новыми.

Плоскости плиты и крышки шлифуют или опиливают и пришабривают до выведения следов износа. Проверяют их по контрольной плите.

Основные дефекты *форсунок* (кроме распылителей):

- износ торца корпуса форсунки в месте прилегания корпуса распылителя,
- излом или потеря упругости пружин,
- повреждение или срыв резьбы.

Мелкие задиры, риски и износ на торце корпуса форсунки устраняют притиркой торцевой поверхности на чугунной плите. Поврежденную резьбу исправляют метчиком или плашкой.

У бесштифтовых многосопловых форсунок проверяют; степень намагниченности штанги: штанга должна удерживать по весу другую такую же, при необходимости штангу намагничивают.

Корпус форсунки, гайку пружины и регулировочный винт с трещинами или срывами резьбы более двух ниток в любом месте не восстанавливают, а заменяют новыми.

Прецизионные пары топливной аппаратуры восстанавливают на специализированных ремонтных предприятиях или в цехах двумя способами: перекомплектовкой и увеличением диаметра рабочей части плунжера.

В первом случае плунжерные пары, поступившие на ремонт, расконсервируют, раскомплектовывают, промывают в бензине и затем спрессовывают поводок. Раскомплектованные плунжеры и гильзы притирают на специальном доводочных станках

специальными чугунами притирами и оправками до выведения следов износа. Плоскости притирают на неподвижных чугунных плитах. Для притирочных работ используют абразивные пасты ГОИ и НЗТА, а за последние годы все шире применяют алмазные пасты типа АП.

Предварительную и черновую притирку выполняют пастами большей зернистости, чистовую - более мелкой и окончательную самой мелкой М1 или АП1В.

После чистовой притирки овальность, граненность, кривизна и бочкообразность прецизионных деталей допускается не более 0,001 мм, а конусность - не более 0,0015 мм. Наружный диаметр деталей измеряют оптиметром, миниметром со столом и стойкой или рычажной скобой с точностью отсчета 0,001 мм и сортируют их на группы через 0,001 мм. Отверстия измеряют ротаметром и также сортируют на группы через 0,001 мм. Затем детали спаривают по группам.

Плунжер подбирают к гильзе, диаметр которой на 0,001 мм больше диаметра плунжера.

Спаренные детали окончательно притирают одну к другой, используя пасту МЗ или АПЗВ, а затем самую тонкую М1 или АП1В. Напрессовывают поводок, проверяют плотность и правильность его посадки.

Спаренные и взаимно притертые плунжерные пары подвергают гидравлическому испытанию и сортируют по группам гидравлической плотности. Группу указывают на наружной поверхности гильзы.

Распылители притирают и сортируют точно так же. Кроме того, у распылителей штифтовых форсунок притирают запорный конус, а у бесштифтовых - торец иглы и донышко.

Нагнетательные клапаны, у которых нарушена герметичность запорного конуса, вручную притирают к седлу.

Оставшиеся после спаривания детали; гильзы плунжеров и корпуса распылителей с увеличенным, а плунжеры и иглы распылителей с уменьшенным диаметрами восстанавливают наращиванием слоя металла. Обычно наращивают только плунжеры и иглы распылителей химическим никелированием или хромированием. Затем подвергают их термообработке. Отхромированные детали нагревают в шкафу до температуры 180-200°C и выдерживают в течение 1 ч. Никелированные - нагревают до температуры 400°C, выдерживают в течение 1 ч, охлаждают на воздухе.

После наложения хрома или никеля детали притирают, а при необходимости предварительно шлифуют, спаривают, испытывают и сортируют так, как описано выше.

РАЗДЕЛ 2. СЕРВИС ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

4 Требования к топливной аппаратуре двигателей с внешним смесеобразованием

1. Способы смесеобразования

Бензиновые двигатели - двигатели с внешним смесеобразованием и принудительным воспламенением. Прибор, в котором происходит распыливание жидкого топлива (не обязательно бензина), испарение части его и устанавливается необходимое соотношение между количеством топлива и воздуха, называется карбюратором.

Если обратиться к истории техники, то можно обнаружить карбюраторы трех типов: испарительный, впрыскивающий и поплавковый всасывающий. Испарительные или барботажные карбюраторы предназначались для работы на легкоиспаряющемся

топливе (узкого фракционного состава). Воздух, проходя над поверхностью топлива, насыщался его парами и образовывал горючую смесь. Дроссельная заслонка определяла количество подаваемой смеси. Качество смеси, т.е. концентрация паров, регулировалось путем изменения объема пространства между поверхностью бензина и крышкой карбюратора. При множестве недостатков этого карбюратора (громоздкость, пожарная опасность, необходимость частой регулировки из-за повышенной чувствительности к изменениям условий внешней среды и т.д.) у него было одно существенное преимущество - однородная топливовоздушная смесь, так как воздух смешивался с парами топлива.

Впрыскивающий (мембранный) карбюратор имел уже довольно сложное устройство. Топливный клапан перемещается под действием двух эластичных мембран. Первая мембрана разделяет воздушные камеры высокого и низкого давлений. Вторая разделяет топливные камеры, соответственно низкого и высокого давлений.

Наибольшее распространение получили поплавковые всасывающие карбюраторы со всасыванием топлива при разрежении, возникающем в суженной части воздушного канала карбюратора - диффузоре вследствие местного повышения скорости потока воздуха.

Современный поплавокый всасывающий карбюратор отличается от простейшего более чем десятком дополнительных устройств, кроме этого, он оснащен электронным управлением смесеобразованием. В результате получается система питания, включающая собственно карбюратор с сервоприводами, датчики и контроллер. Примером такой системы является "Ecotronic" ("Экотроник"). Применение карбюраторов с электронным управлением смесеобразованием позволяет: поддерживать оптимальный состав топливовоздушной смеси со стехиометрическим отношением (14,7 кг воздуха на 1 кг бензина) и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя; увеличить топливную экономичность и уменьшить содержание вредных соединений в отработавших газах; повысить надежность системы питания, а также облегчить обслуживание и диагностику.

И все же любому карбюратору свойственен элемент "стихийности" в смесеобразовании, кроме того эта система питания имеет свой предел максимума адаптации к режимам работы двигателя. Совсем другое дело - впрыск. Он позволяет оптимизировать процесс смесеобразования в гораздо большей степени. Другими словами, впрыск может осуществляться более оптимально по месту, времени и необходимому количеству топлива.

В настоящее время впрыскивающие топливные системы классифицируют по различным признакам, а именно: по месту подвода топлива

(центральный одноточечный впрыск, распределенный впрыск, непосредственный впрыск в цилиндры); по способу подачи топлива (непрерывный и прерывистый впрыск); по типу узлов дозирующих топливо (плунжерные насосы, распределители, форсунки, регуляторы давления); по способу регулирования количества смеси (пневматическое, механическое, электронное); по основным параметрам регулирования состава смеси (разрежению во впускной системе, углу поворота дроссельной заслонки, расходу воздуха).

Впрыск позволяет более точно распределить топливо по цилиндрам. При распределенном впрыске состав смеси в разных цилиндрах может отличаться только на 6—7%, а при питании от карбюратора — на 11—17%.

Отсутствие добавочного сопротивления потоку воздуха на впуске в виде карбюратора и диффузора и вследствие этого более высокий коэффициент наполнения цилиндров обеспечивает получение более высокой литровой мощности.

При впрыске возможно использование большего перекрытия клапанов, (когда открыты одновременно оба клапана) для лучшей продувки камеры сгорания чистым воздухом, а не смесью.

Лучшая продувка и большая равномерность состава смеси по цилиндрам снижают температуру стенок цилиндра, днища поршня и выпускных клапанов, что в свою очередь

позволяет снизить требуемое октановое число топлива на 2—3 единицы, т.е. поднять степень сжатия без опасности детонации. Кроме того снижается образование окислов азота при сгорании и улучшаются условия смазки зеркала цилиндра.

При всех этих преимуществах необходимо отметить, что состав смеси при впрыске топлива должен быть связан с режимом работы двигателя так же, как и при карбюраторном двигателе. Другими словами, для оптимальной работы двигателя стехиометрическое соотношение бензина и воздуха практически может выдерживаться только в определенном диапазоне частичных нагрузок, а при пуске, холостом ходе, малых и максимальных нагрузках, при резком открытии дроссельной заслонки необходимо обогащение смеси.

2. Характеристики процесса карбюрации.

Для работы двигателя Отто требуется определённое соотношение между воздухом и топливом. Отношение 14,7:1 теоретически является критерием для полного сгорания. Это соотношение называется стехиометрическим. Определённые режимы работы двигателя требуют коррекции состава смеси. Удельный расход топлива двигателя Отто во многом зависит от состава топливовоздушной смеси. Для достижения полного сгорания и возможно меньшего расхода топлива требуется излишек воздуха, превышение которого также ограничено вследствие увеличения времени сгорания и ухудшения воспламеняемости смеси. В применяемых в настоящее время двигателях расход топлива при соотношении 15...18 кг воздуха на 1 кг топлива является минимальным. Для наглядного представления это значит, что для сгорания 1 литра бензина требуется около 10 000 литров воздуха. Так как автодвигатели работают в основном на частичных нагрузках, они конструктивно рассчитаны на наименьший расход топлива в данном режиме. При других режимах, как холостой ход и полная нагрузка, обогащённая смесь является более выгодной. Система смесеобразования должна обеспечивать такие различающиеся требования.

Коэффициент избытка воздуха

Для обозначения отклонений реальной топливовоздушной смеси от теоретически необходимой (14,7:1), была принята единица измерения коэффициента избытка воздуха λ . В России принято обозначение α .

α = подведённая воздушная масса / расход воздуха для стехиометрического сгорания.

$\alpha = 1$: подведённая воздушная масса соответствует теоретической потребности

$\alpha < 1$: недостаток воздуха или богатая смесь. Повышенная мощность достигается при α - 0,85...0,95.

$\alpha > 1$: излишек воздуха или бедная смесь имеет место в диапазоне от α - 1,05...1,3. При этом отмечается уменьшенный расход топлива и снижение мощности двигателя.

$\alpha > 1,3$: смесь становится невоспламеняемой. Возникают сбои при воспламенении. Двигатель работает с перебоями. Двигатели ОТТО достигают своей максимальной мощности при недостатке воздуха 5... 15% ($\alpha = 0,95...0,8$), минимального расхода топлива при превышении объема воздуха 10...20% ($\alpha = 1,1...1,2$) и безупречного холостого хода при $\alpha = 1,0$. Рисунки 2 и 3 показывают зависимость мощности и удельного расхода топлива, а также характеристики токсичности отработавших газов от коэффициента избытка воздуха α . Из них видно, что идеального состава смеси, при котором бы все факторы имели выгодные величины, не существует. Практика показывает, что наиболее приемлем коэффициент избытка воздуха α - 0,9...1,1. Для каталитической доработки выпускных газов в трёхкомпонентном катализаторе при рабочей температуре двигателя обязательно должно выдерживаться условие $\alpha = 1$. Для достижения этого количество всасываемого воздуха должно точно измеряться и к нему должно подмешиваться точно дозированное количество топлива.

3. Системы впрыска топлива.

Многоточечный впрыск

Многоточечный впрыск идеально выполняет поставленные задачи. В системе многоточечного впрыска каждый цилиндр имеет свою форсунку, подающую топливо непосредственно перед впускным клапаном. Например, системы KE и L-Jetronic с соответствующими вариантами.

*Механическая система впрыска*_Из механических систем впрыска широкое применение нашла система K-Jetronic. Эта система работает без привода и подает топливо непрерывно.

*Комбинированная электронно-механическая система впрыска*_Система KE-Jetronic создана на основе механической системы K-Jetronic. Она позволяет учесть большое число параметров двигателя посредством электронноуправляемых дополнительных функций и точно дозировать топливо на различных режимах.

*Электронная система впрыска*_Электронноуправляемые системы впрыскивают топливо с помощью электромагнитных форсунок циклического действия. Это, например, системы L-Jetronic, LH-Jetronic и Motronic, как единая система зажигания и впрыска.

Одноточечный впрыск

Одноточечный впрыск - это электронноуправляемая система впрыска, при которой электромагнитная форсунка прерывисто подаёт топливо по оси впускного трубопровода перед дроссельной заслонкой. Mono-Jetronic-это обозначение системы центрального впрыска фирмы Бош.

Тема 5. Организация сервиса топливной аппаратуры бензиновых двигателей

1. Регламент работ по техническому обслуживанию топливной аппаратуры бензиновых двигателей и ее элементов.

Обслуживание топливной системы осуществляется с периодичностью, указанной в ТУ по эксплуатации конкретного автомобиля. Как для топливной системы карбюраторных двигателей в целом, так и для её отдельных узлов и деталей продолжительность эксплуатации между ближайшими сроками ТО, как правило, составляет 5 – 15 тысяч километров пробега автомобиля.

В период эксплуатации особое внимание следует уделять качеству используемого топлива. Присутствие в топливе воды может стать причиной неустойчивой работы двигателя, приводит к коррозии деталей топливной системы двигателя, выпускной системы и пр. Замерзание воды в отстойниках фильтров, в топливном насосе или поплавковой камере карбюратора приводит к закупорке топливоподающей магистрали и остановке двигателя. Основными внешними признаками, указывающими на присутствие воды в топливе, являются избыточное наличие водяного пара в выхлопных газах и брызги из глушителя. Для удаления воды из системы используют специальные присадки в топливо.

Использование бензина с высоким содержанием тяжёлых фракций приводит к осаждению в каналах и жиклёрах карбюратора отложений, уменьшающих проходные сечения отверстий.

Повышенное содержание механических примесей сокращает срок службы фильтров.

При техническом обслуживании топливной системы 1) проводят плановую замену/очистку фильтров, 2) сливают отстой из отстойников фильтров и топливного бака, 3) проверяют герметичность и надёжность соединений, 4) выполняют необходимые

регулирующие работы.

Неисправности системы питания, как правило, связаны с неисправностью её узлов и деталей.

К типичным неисправностям топливного насоса можно отнести:

- 1) повреждение диафрагм;
- 2) негерметичность клапанов;
- 3) засорение сетчатого фильтра;
- 4) поломка пружин и др.

Повреждение диафрагм приводит к прекращению или существенному сокращению подачи топлива в карбюратор. При работе насоса с разорванными рабочими диафрагмами топливо будет вытекать наружу корпуса через дренажное отверстие, а в случае разрыва защитной диафрагмы станет поступать в картер двигателя. Присутствие бензина в картере двигателя значительно ухудшает смазывающие свойства моторного масла и приводит к повышению давления картерных газов. В случае воспламенения картерных газов, обогащённых парами топлива, возможен взрыв в картере и повреждение двигателя. Повреждение диафрагм топливного насоса диагностируется по подтеканию топлива из дренажного отверстия корпуса насоса, неустойчивой работе двигателя, запаху бензина из маслосборной горловины клапанной крышки или отверстия масляного щупа. Негерметичность клапанов насоса возникает вследствие их износа, перекоса или попадания под клапан инородных частиц и приводит к снижению производительности насоса. Негерметичность диагностируется с помощью специального тестера или визуально, например, по наличию пузырьков воздуха вытекающих из-под неисправного клапана при перемещении рычага ручной подкачки топлива (для визуального контроля крышка верхнего корпуса должна быть снята).

Если неисправность не устраняется после очистки клапанов, заменяют насос в сборе или заменяют клапаны с седлами.

Уменьшение или прекращение подачи топлива в карбюратор также может быть связано с загрязнением фильтров, поломкой возвратных пружин насоса и другими причинами. В случае ухудшения подачи топлива работу насоса можно проверить, отсоединив от карбюратора топливоподающий шланг и подкачав топливо рычагом ручной подкачки. При наличии из шланга ровной и мощной струи топлива следует предположить, что топливный насос, а также топливоподводящая магистраль и фильтры, расположенные до топливного насоса исправны. В противном случае проводится подробная диагностика системы для выявления причины неисправности.

Перегрев насоса также может являться причиной его неработоспособности. Чрезмерное повышение температуры приводит к закипанию топлива в корпусе насоса и образованию паровых пробок, препятствующих поступлению топлива в карбюратор. Причиной перегрева насоса чаще всего становится перегрев самого двигателя. В отличие от топливного насоса перегрев карбюратора, на работающем двигателе, практически невозможен вследствие интенсивного его охлаждения поступающим извне воздухом и испаряющимся в диффузорах топливом.

2. Системы питания двигателя с впрыском бензина и ее обслуживание

Упрощенно работу системы можно представить следующим образом: Электрический топливный насос осуществляет прокачку топлива под давлением от топливного бака к форсункам по нагнетательной магистрали и обратно, по сливной магистрали. Рабочее давление в системе на заданном уровне поддерживается регулятором давления. Открытие механических форсунок происходит под давлением топлива. Открытием электрических форсунок управляет ЭБУ. Форсунки, устанавливаются напротив впускных клапанов в специальных углублениях, выполненных в теле впускного трубопровода, и впрыскивают топливо во впускной коллектор двигателя за/под

дроссельную заслонку. Количество впрыскиваемого топлива, пропорционально количеству воздуха, поступающего в коллектор через воздухоочиститель, дроссельную заслонку и расходомер воздуха. Образовавшаяся топливовоздушная смесь, при открытии впускного клапана, засасывается в цилиндры двигателя, где сгорает. Управление качеством смеси в рассматриваемой системе осуществляется за счёт уменьшения/увеличения подачи топлива через форсунки. Система состоит из нескольких подсистем, каждая из которых отвечает за свой «участок» работы.

1. Подсистема подачи и распределения топлива.

Подсистема обеспечивает подачу топлива в цилиндры в количестве, необходимом для работы двигателя в заданном режиме. Топливом происходит охлаждение деталей топливной системы.

Топливный насос относится к исполнительным элементам системы и обеспечивает подачу топлива к форсункам и циркуляцию топлива в системе. Насос имеет в своём составе рабочую (насосную) часть и электродвигатель, помещённые в общий корпус, закрытый крышкой. В зависимости от требований, предъявляемых к системе, применяются роликовые, шестерёнчатые и лопастные насосы.

Роликовые насосы и шестерёнчатые насосы с внутренним зацеплением зубьев шестерён относятся к классу объёмных насосов, принцип действия которых основан на изменении объёма рабочих полостей насоса – всасывающей и нагнетательной. Роликовые насосы способны развивать давление в системе до 6,5 атм. (650 кПа), шестерёнчатые – до 4 атм. (400 кПа).

Лопастные насосы переносят топливо между лопастями турбинки. Находят применение лопастные насосы двух основных типов (конструкций) - периферийные насосы и насосы с боковым каналом. Первые отличаются от вторых большим числом лопаток, формой турбины и наличием, радиальных (распределённых по окружности) выпускных отверстий. Периферийные насосы развивают давление до 3 атм. (300 кПа). Лопастные насосы с боковым выпускным каналом создают давление до 1 атм. (100 кПа) и применяются в системах с моно впрыском, а также в качестве подкачивающего насоса в системах с магистральным насосом и как первая ступень в системах с двухступенчатым погружным насосом на автомобилях, склонных к проблемам при запуске горячего двигателя. По сравнению с роликовыми и шестерёнчатыми насосами лопастные насосы имеют пониженный уровень шума и ровную, почти без пульсаций, струю топлива на выходе.

Аккумулятор топлива предназначен для поддержания остаточного давления в топливной системе после выключения двигателя. Наличие остаточного давления предотвращает вскипание топлива и образование воздушных пробок в топливопроводах вследствие перегрева, упрощает запуск горячего двигателя.

Контрольные величины рабочего и остаточного давления в топливной системе приводятся в сервисной литературе.

Топливный фильтр неразборный, одноразовый, имеет металлический корпус с входным и выходным штуцерами. В корпусе размещается бумажный фильтрующий элемент, имеющий пористость около 10 мкм, и мелкоячеистая фильтрующая сетка, расположенная перед выходным штуцером. Фильтрующая сетка предназначена для задержания частичек фильтровальной бумаги, которые отрываются от бумажного фильтрующего элемента в процессе эксплуатации (напомним, что давление в системе может достигать 650 кПа).

Для правильной установки фильтра в топливную магистраль на корпусе фильтра рисуют стрелку, указывающую направление тока топлива. В случае неверной установки фильтра фильтрующая сетка окажется на входе топлива, что недопустимо. Периодичность замены топливного фильтра регламентируется производителем и зависит от объёма фильтра и некоторых других факторов. Средний срок службы составляет порядка 30 тыс. км.

Дозатор-распределитель топлива системы KE – Jetronic и расходомер воздуха.

В отличие от более поздних и современных систем впрыска бензина механические и электромеханические системы с дозатором – распределителем и дисковым расходомером воздуха не располагают возможностью цикловой подачи топлива. Распыливание бензина в таких системах осуществляется непрерывно, как только давление топлива в системе превысит величину давления открытия форсунок (300 – 450 кПа).

В системах впрыска L – Jetronic и её аналогах с полностью электронным управлением применяются регуляторы рабочего давления топлива мембранного типа. Регулятор обычно монтируется на конце топливной рейки (топливного распределителя), но может располагаться и на топливопроводе. Количество подаваемого через форсунку топлива в рассматриваемой системе должно зависеть только от времени впрыска. Для этого разница между давлением топлива на входе в инжектор (в топливном распределителе) и давлением воздуха во впускном трубопроводе должна быть постоянной.

Рабочие форсунки обеспечивают подачу и распыление топлива во впускной трубопровод двигателя. В системах впрыска K – Jetronic, KE – Jetronic и их модификациях применяются механические клапанные форсунки. Открывание форсунок происходит, как только давление топлива в системе достигнет определённого значения. Давление «начала открытия» для форсунок разных производителей и разных типов двигателей варьируют от 2,5 до 5,5 технических атмосфер. Форсунки конструируются под конкретный двигатель и предназначаются только данной модели. Помимо величины давления «начала открытия», важным показателем является давление «закрытого состояния», находясь под воздействием которого форсунка должна быть полностью герметичной (т.е., не должна пропускать топливо). Для форсунок различных конструкций величина давления «закрытого состояния» составляет примерно 2,0 – 2,5 атм. Проверяемая форсунка, находящаяся под давлением «закрытого состояния», в течение одной минуты может пропускать не более одной капли топлива. Срок службы механической форсунки достаточно большой и в среднем составляет 150 – 200 тысяч км. пробега автомобиля. Неисправная форсунка подлежит замене.

Электромагнитные форсунки системы L – Jetronic и её аналогов с дискретным и фазированным впрыском управляются ЭБУ. При подаче напряжения на обмотку соленоида форсунки, его сердечник намагничивается и притягивает якорь клапанной иглы. Игла преодолевает усилие запорной пружины, и приоткрывает выпускное отверстие. Топливо через распылитель форсунки под давлением распыливается во впускной тракт двигателя. В зависимости от способа впрыска, частоты вращения коленчатого вала двигателя и степени открытия дроссельной заслонки время работы форсунки составляет 1,5 – 1,8 мс при частоте срабатывания от 3 до 125 Гц. В зависимости от сопротивления обмотки электроклапана форсунки делятся на низкоомные (1 – 7 Ом) и высокоомные (14 – 17 Ом).

Срок службы электромагнитных форсунок составляет около 100 тыс. км. К основным неисправностям форсунок можно отнести:

- неисправность электрической части (обрыв обмотки катушки, межвитковое замыкание, замыкание обмотки на массу, ненадёжное соединение штекерного подключения и др.);
- засорение (сетчатого фильтра, сопла, отверстий распылителя);
- негерметичность (клапана, уплотнительных колец, и др.)
- износ клапана и седла

Неисправность форсунки приводит к неравномерной работе и снижению мощности двигателя. Определить неисправную форсунку без её демонтажа с мотора можно несколькими простыми способами. Например, последовательным отключением форсунок из работы с одновременным отслеживанием баланса мощности по цилиндрам двигателя, прослушиванием работы форсунок стетоскопом, измерением сопротивления обмотки

соленоида форсунки и т.п.

Засорение фильтра, сопла и отверстий распылителя приводит к перебоям в работе цилиндра. Неисправности форсунки определяются визуально по наличию загрязнения или, например, при проливке форсунки на установке по очистке, по изменению формы струи топлива, её искривлению или распылению. Засорение форсунок устраняется их промывкой специальной жидкостью (сольвентом и т.п.) на промывочных установках. Неисправные форсунки подлежат замене.

Тема 6. Техническое обслуживание элементов системы питания двигателя газом

1. Требования к системам питания двигателей работающих на газе

Система редуцирования и испарения (подогрева) давления газа должна быть предпочтительно выполнена в одном агрегате.

Конструкция системы питания двигателей с принудительным зажиганием и газодизелей по основным параметрам должна соответствовать параметрам двигателя, для которого она предназначается, ее регулировочные параметры должны обеспечивать получение задних выходных характеристик (мощностных, экономических, динамических) при минимально возможной токсичности и дымности отработавших газов.

Система питания газобаллонных автомобилей должна содержать устройства, обеспечивающие автоматическое прекращение выхода газа в случае обрыва газовой магистрали или остановки двигателя.

Газовая система питания должна обеспечивать быстрый и надежный пуск холодного двигателя на СНГ и СПГ без предварительного его разогрева при температурах окружающего воздуха выше минус 10°C.

Газовая система питания должна обеспечивать бесперебойную подачу газа в двигатель при температурных условиях в соответствии с п. 1.2.

Конструкция, размещение (компоновка) и крепление узлов и агрегатов газовой аппаратуры и баллонов на автомобиле должны обеспечивать свободный доступ и удобство при проведении ТО, ТР и диагностирования технического обслуживания.

В конструкции газобаллонных автомобилей должны быть предусмотрены устройства для отключения газовых баллонов от газовой аппаратуры при проведении ТО или регулировочных работ по системе питания.

Долговечность основных узлов и приборов газовой системы питания должна соответствовать ресурсу двигателя до капитального ремонта.

Газовая система питания в эксплуатационных условиях не должна требовать дополнительного технического воздействия или обслуживания в промежутках между плановыми ТО и ТО-2.

Универсальная система питания газобаллонных автомобилей должна иметь устройства для предотвращения расхода бензина из поплавковой камеры карбюратора-смесителя при переключении вида топлива (с бензина на газ).

Для газобаллонных автомобилей, предназначенных для работы в условиях Крайнего Севера, в жарко-пустынной и тропической местностях, пределы температур и влажности воздуха, при которых должна быть обеспечена надежная длительная работа газовой системы питания, должны быть установлены специальные технико-эксплуатационные требования к этим автомобилям.

Для таких автомобилей допускается применение специальных дополнительных устройств.

Системы питания двигателей газобаллонных автомобилей, предназначенные для работы в высокогорных условиях (выше 1500 м над уровнем моря) должны иметь специальную высотную регулировку или высотный корректор состава горючей смеси. На таких двигателях возможна установка нагнетателя воздуха или горючей смеси.

Бензиновая система двигателей по основным выходным параметрам должна удовлетворять требованиям базовых бензиновых модификаций. Вместимость топливного бака резервной системы питания должна быть в пределах 15 - 20 л. Вместимость бензинового бака газобаллонных автомобилей с универсальной системой питания должна быть на уровне базовых бензиновых модификаций.

Все элементы и узлы газовой аппаратуры и системы питания в сборе должны проверяться на герметичность на заводе-изготовителе в соответствии с действующими техническими условиями.

Габариты газобаллонной установки не должны изменять допустимые размеры автотранспортных средств, регламентируемых действующими стандартами и нормативно-технической документацией.

Газовая аппаратура и система зажигания должны иметь элементы электронного управления процессами топливоподачи и зажигания с целью обеспечения:

- оптимального состава газозодушнoй смеси на различных режимах работы двигателя;

- оптимального угла опережения зажигания с автоматической коррекцией в зависимости от вида потребляемого топлива;

- выдачу данных на эконометр, сигнализирующих об экономичном управлении работой двигателя (автомобиля);

- надежного пуска на газовом топливе двигателя при температуре выше -10 °С.

Баллон должен быть оснащен устройством для дистанционного замера запаса газа в баллоне в процессе движения газобаллонного автомобиля.

Газобаллонный автомобиль должен быть оснащен устройством для контроля герметичности всех узлов и соединений.

Замену резинотехнических изделий (РТИ) газовой аппаратуры необходимо проводить не реже чем через 35,0 тыс. км. В состав газовой аппаратуры входит дополнительный комплект РТИ.

Разовая оперативная трудоемкость автомобилей с двухтопливной системой питания должна соответствовать трудоемкости, отвечающей ГОСТ.

Удельная оперативная трудоемкость технического обслуживания автомобилей с двухтопливными системами питания не должна превышать 0,8 чел./ч тыс. км.

2. Регламент работ по техническому обслуживанию топливной аппаратуры двигателей работающих на газе

При всех видах ТО и ремонта ГБА проходит КПП и поступает на пост проверки герметичности газотопливной системы питания и при положительном результате, на мойку и затем на стоянку.

В зависимости от технического состояния ГБА проходит через различные технологические подразделения.

При проведении планового ТО-1 или ТО-2, а также работ по ТР, (кроме смазочных, малярных работ и работ по регулировке газовой аппаратуры на работающем двигателе), ГБА направляется в зоны ТО-1, ТО-2 или зону ТР, где выполняются указанные виды обслуживания.

Регулировочные работы по газовой аппаратуре на работающем двигателе проводятся на участке диагностики.

Текущий ремонт газового оборудования и его ТО производится на специализированном участке по ТО и ТР газового оборудования и в цехе по ремонту газовой аппаратуры.

Для проведения ремонтных работ по агрегатам газовой аппаратуры, находящейся под высоким давлением 0.4-1.6 МПа (баллоны, их арматура(моноблок)), необходимо произвести слив газа из баллонов и их дегазацию, после этого ГБА поступает в зону ТР.

При обнаружении других неисправностей, не связанных сгерметичностью газовых баллонов и их арматуры, ГБА после проверки герметичности на КПП поступает на участок ТО и ТР газового оборудования.

Снятая на участке ТО и ТР газового оборудования неисправная газовая аппаратура поступает в цех ТР газовой аппаратуры и после ремонта устанавливается обратно на ГБА на участки ТО и ТР.

Текущий ремонт газовой аппаратуры, не требующей ее снятия с автомобиля, проводится при закрытых расходных вентилях (жидкой и паровой фазы) в зоне ТР базовых моделей или на участке ТО и ТР газового оборудования.

При выполнении сварочных и малярных работ на ГБА, он независимо от состояния газового оборудования и наличия газа в баллонах, направляется на пост слива газа и дегазации баллонов и затем на сварной и малярный участки.

После выполнения всех видов работ ТО и ТР исправные ГБА направляются на стоянку.

Режимы технического обслуживания и текущего ремонта газовой аппаратуры

Виды, периодичность и нормы затрат на техническое обслуживание и ремонт газовой аппаратуры

При техническом обслуживании газобаллонных автомобилей, помимо плановых воздействий, характерных для базовых моделей, возникает ряд работ, связанных с наличием и спецификой газобаллонного оборудования.

Для газобаллонных автомобилей включая и автомобили индивидуального легкового автотранспорта установлены следующие виды технического обслуживания:

- ежедневное техническое обслуживание (ЕО);
- первое техническое обслуживание (ТО-1);
- второе техническое обслуживание (ТО-2);
- сезонное обслуживание (СО);
- техническое освидетельствование газовых баллонов.

Работы по ТО-1 и ТО-2 газовой системы питания для ГБА общего пользования выполняются с периодичностью технического обслуживания базовых автомобилей (табл.1). Сезонное обслуживание газовой аппаратуры совмещается с очередным ТО-2 и выполняется 1 раз в год.

Таблица 1.

Периодичность технического обслуживания гба, тыс. км.

Категория условий эксплуатации	Коэфф. корректировки ТО	Легковые автомобили		Автобусы		Грузовые автомобили	
		ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-2
1	1.0	4000	16000	3500	14000	3000	12000
2	0.9	3600	14400	3150	12600	2700	10800
3	0.8	3200	12800	2800	11200	2400	9600
4	0.7	2800	11200	2450	9800	2100	8400
5	0.6	2400	9600	2100	8400	1800	7200

Трудоемкость работ по отдельным ТО газобаллонного оборудования и квалификации рабочих приведена в таблице 2.

Таблица 2.

Трудоемкость работ по техническому обслуживанию газовой аппаратуры иряды производственных рабочих

Наименование работ	Разряд работы	Трудоемкость, чел. мин.
1. Приемка автомобиля, подготовка к обслуживанию, оформление документации и выдача заказчику	4	12.0

2. Проверка состояния и крепления газовых баллонов	3	5.0
3. Проверка герметичности и крепления вентильных устройств со смазкой резьбы штоков	3	7.0
4. Проверка состояния и крепления газопроводов	3	4.0
5. Проверка состояния и крепления испарителя и подводящих газопроводов и трубопроводов систем охлаждения двигателя	3	3.0
6. Обслуживание фильтрующего элемента магистрального фильтра	3	4.0
7. Проверка состояния и регулировка газового редуктора	4	12.0
8. Слив отстоя из редуктора	3	2.0
9. Проверка состояния и работоспособности дозирующих устройств, их регулировка	4	8.0
10. Проверка герметичности и работоспособности электромагнитных клапанов	4	5.0
11. Проверка состояния и работоспособности систем электрооборудования, систем зажигания	4	9.0
12. Проверка герметичности газовой системы в целом	3	6.0
13. Пуск и регулировка двигателя на холостом ходу на газе и нефтяном топливе	4	7.0
14. Проверка и регулировка (при необходимости) содержание СО и СН в отработавших газах согласно ГОСТ Р 17.2.02.06-99 и ГОСТ 17.2.2.03.	4	12.0
ИТОГО:	-	96.0

Перечень обязательных работ, выполняемых при различных видах ТО, приведены ниже.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕО)

ЕО выполняется перед выездом автомобиля на линию и после возвращения на предприятие.

Перед выездом проверить легкость пуска и работу двигателя на газовом топливе на холостом ходу и при различных вращениях коленчатого вала.

При возвращении автомобиля на предприятие необходимо:

- проверить состояние газовой аппаратуры и герметичность соединения газовой системы питания;
- очистить (при необходимости) арматуру газовых баллонов от пыли и грязи (для грузовых автомобилей и автобусов);
- слить отстой из газового редуктора;
- закрыть расходный вентиль и выработать газ из системы питания;
- проверить отсутствие подтеканий бензина в соединениях топливопроводов, электромагистрального клапана.

Первое техническое обслуживание (ТО-1)

- проверить состояние и крепление газового баллона и кронштейнов;
- проверить работоспособность и крепления наполнительного и расходных вентилях;
- проверить крепление газовой аппаратуры (редуктора, карбюратора-смесителя, электромагнитного клапана-фильтра и др.);
- слить отстой из газового редуктора;
- проверить герметичность газовой системы питания;
- проверить и при необходимости отрегулировать содержание токсичных компонентов в отработавших газах в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03-87 и ГОСТ Р 17.2.02.06-99.

Второе техническое обслуживание (ТО-2)

Выполняются все работы ТО-1, плюс дополнительно:

- снять, очистить и установить на место керамический фильтр расходного вентиля, проверить состояние уплотнительной прокладки;
- снять сердечник электромагнитного клапана-фильтра, промыть, продуть, установить на место (выполняется только для автомобилей ГАЗ);
- разобрать смеситель, вынуть обратный клапан, удалить отложения с клапана, очистить внутреннюю поверхность втулки штока, поставить клапан на место (выполняется только для автомобилей ЗИЛ);
- проверить ход штока и герметичность клапана 2-ой ступени газового редуктора, при необходимости отрегулировать и заменить уплотнитель клапана;
- проверить давление газа во 2-ой ступени газового редуктора на минимальной частоте вращения холостого хода; при необходимости отрегулировать;
- проверить действие приводов карбюратора-смесителя на полноту открытия дроссельных заслонок;
- отрегулировать минимальную частоту вращения холостого хода и переходные режимы.

Сезонное обслуживание (СО)

- снять газовый редуктор с автомобиля;
- заменить диафрагму 1-й ступени и уплотнители клапанов 1-й и 2-й ступеней; отрегулировать рабочее давление 1-й ступени, ход клапана 1-й ступени, ход штока диафрагмы 2-й ступени и герметичности клапана 2-й ступени;
- проверить герметичность разгрузочного устройства;
- проверить дозирующе-экономайзерное устройство на момент открытия клапана экономайзера, при необходимости заменить;
- установить газовый редуктор на автомобиль;
- смазать резьбы штоков наполнительного и расходного вентиля;
- снять, очистить и установить на место фильтр электромагнитных клапанов газа и бензина;
- разобрать смеситель, вынуть обратный клапан, удалить отложения с клапана, очистить внутреннюю поверхность направляющей втулки, собрать смеситель (выполняется только для автомобилей ЗИЛ);
- снять сердечник электромагнитного клапана, промыть, продуть, установить на место (выполняется только для автомобилей ГАЗ);
- подтянуть крепление газовых баллонов к кронштейнам (момент затяжки 15 - 20 Нм);
- подтянуть крепление кронштейнов к платформе (момент затяжки 100 Нм);
- проверить герметичность газовой системы питания;
- отрегулировать давление газа во 2-ой ступени редуктора при работе двигателя на минимальной частоте холостого хода;
- отрегулировать минимальную частоту холостого хода, переходные режимы, токсичность по ГОСТ 17.2.2.03-87 и ГОСТ Р 17.2.02.06-99 в отработавших газах на бензине и ГСН;
- проверить работу уровнемера ГСН в баллоне, опломбировать и поставить клеймо со сроком следующей проверки.

Текущий ремонт газобаллонного оборудования

Ремонт узлов и деталей газовой аппаратуры рекомендуется выполнять путем их замены на оборотные. Обратный фонд агрегатов газовой системы питания должен составлять 5-7% от списочного состава газобаллонных автомобилей в предприятии или закрепленных за станцией технического обслуживания ГБА.

Приведенная трудоемкость работ по ТР газовой аппаратуры ГБА дана в таблице 3.

Таблица 3.

Приведенная трудоемкость работ по комплектации, проверки и текущему ремонту газовой аппаратуры

Наименование работы	Разряд работы	Трудоемкость, чел. час
1. Снятие газового редуктора, разборка, очистка, замена или ремонт деталей, сборка, контроль и регулировка и установка на автомобиль	3	1.2
2. Снятие смесительных устройств, разборка, очистка, замена или ремонт деталей, сборка, контроль и регулировка и установка на автомобиль	3	0.5
3. Снятие электромагнитных клапанов с фильтром, разборка, очистка, замена или ремонт деталей, сборка, контроль и регулировка и установка на автомобиль	4	0.3
4. Снятие баллона ГСН для дегазации (при необходимости)	3	0.3
5. Изготовление и ремонт газопроводов и трубопроводов	3	0.8
6. Комплектация агрегатов и узлов газовой аппаратуры по поз. 1-4	4	1.0
ИТОГО:	-	4.1

Антон Алексеевич Хохлов
Алексей Леонидович Хохлов
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

Сервис топливной аппаратуры:
краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2023.- 35 с.