

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

1. Требования к качеству дизельных топлив

Дизельные топлива должны отвечать следующим требованиям: бесперебойно поступать в цилиндры при любых температурах и обеспечивать легкий пуск двигателя;

хорошо распыливаться и обеспечивать хорошее смесеобразование в цилиндрах двигателя;

образовывать минимальное количество нагара и отложений, а также не вызывать коррозии и коррозионных износов деталей, соприкасающихся с ним и продуктами его сгорания.

Рабочий процесс в дизельных двигателях отличается от рабочего процесса в карбюраторных двигателях: в дизелях топливо смешивается с воздухом непосредственно в камере сгорания и при этом отсутствует принудительное зажигание рабочей смеси. Особенности смесеобразования и воспламенения обуславливают отличие роли и значения некоторых показателей дизельных топлив от бензинов.

Рассмотрим схему системы питания дизельного двигателя, приведенную на рис. 1.1.

Топливо заливается в бак 2 через горловину 1 с мелкой фильтрующей сеткой. С помощью подкачивающего насоса 4 оно последовательно прогоняется сквозь фильтры грубой 3 и тонкой 6 очистки, освобождаясь в результате от самых мелких примесей и даже смолисто-асфальтовых веществ, а затем поступает в топливный насос 5, секции которого под высоким давлением по трубопроводу 8 нагнетают топливо к форсункам 9. В определенные моменты и при высоком давлении (до 150 МПа) форсунки впрыскивают топливо в камеру сгорания 10, где находится сжатый поршнем цилиндра и нагретый от давления 3...7 МПа до значительной температуры (500... 800 °С) воздух, предварительно тщательно очищенный в воздухоочистителе 7. Здесь топливо испаряется, нагревается до температуры самовоспламенения, перемешивается с горячим воздухом и сгорает.

Продукты сгорания выходят через выпускную трубу и глушитель 11. Высокая степень очистки воздуха и топлива необходимы для обеспечения надежной и долговечной работы дизельного двигателя.

Дизельные двигатели имеют следующие преимущества по сравнению с карбюраторными: высокую экономичность; использование в качестве топлива более дешевых и доступных фракций нефти; большую пожаробезопасность; лучшую приемистость и возможность перехода на работу с нагрузкой без полного прогрева; более высокую надежность и долговечность в эксплуатации и др., что обуславливает их широкое применение.

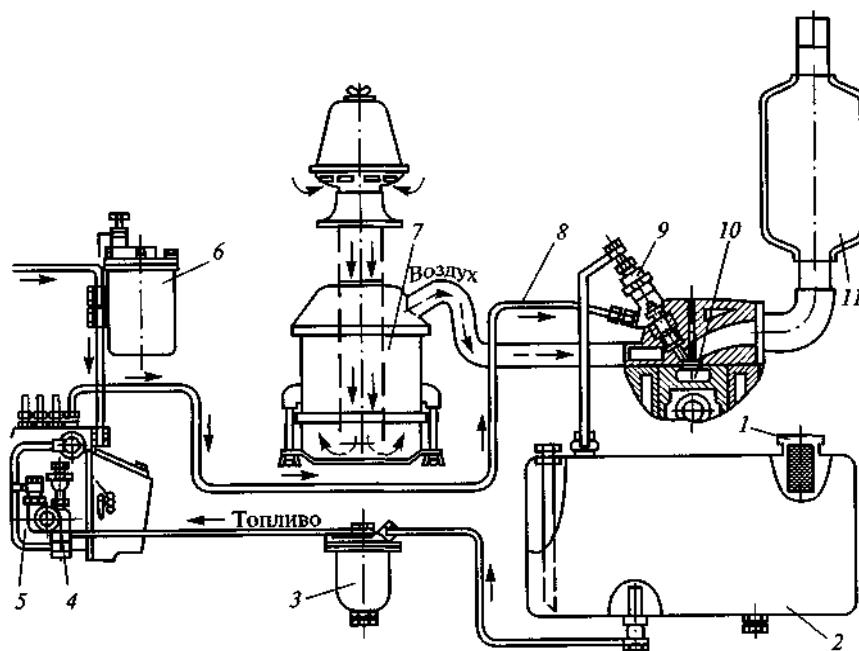


Рис. 1.1. Схема системы питания дизельного двигателя:

1 — горловина бака; 2 — бак; 3 — фильтр грубой очистки; 4 — подкачивающий насос; 5 — топливный насос; 6 — фильтр тонкой очистки; 7 — воздухоочиститель; 8 — трубопровод; 9 — форсунка; 10 — камера сгорания; 11 — глушитель

В настоящее время практически на всех тракторах, комбайнах, многих мощных автомобилях, некоторых легковых автомобилях и автобусах установлены дизельные двигатели.

Процесс смесеобразования в дизелях в значительной степени предопределяет протекание рабочего процесса, а следовательно, его эффективность и экономичность. Большое влияние на протекание процесса смесеобразования оказывают вязкость и фракционный состав дизельного топлива.

2. Вязкость дизельных топлив

Вязкость является показателем, определяющим прокачиваемость дизельного топлива по системе питания двигателя. Топлива с чрезмерно высокой вязкостью оказывают значительное сопротивление при движении по трубопроводу, через фильтр, отверстия форсунок и т.д.

При использовании же дизельных топлив с очень низкой вязкостью ухудшается смазывание деталей насоса высокого давления и нарушается дозировка подачи вследствие возрастающего его просачивания через зазоры между плунжером и гильзой того же насоса.

Кроме того, от вязкости существенно зависит качество распыливания топлива при его впрыске в цилиндры (рис. 1.2). Из высоковязкого топлива капли получаются крупными, а факел, образующийся из них, — с излишне большой дальностью, что приводит к замедленному их испарению и частичному оседанию на днище поршня и стенках камеры сгорания. При этом наступает нарушение процесса горения, сопровождающееся

понижением КПД двигателя, увеличением образования количества нагара на деталях камеры сгорания и другим неприятностям.

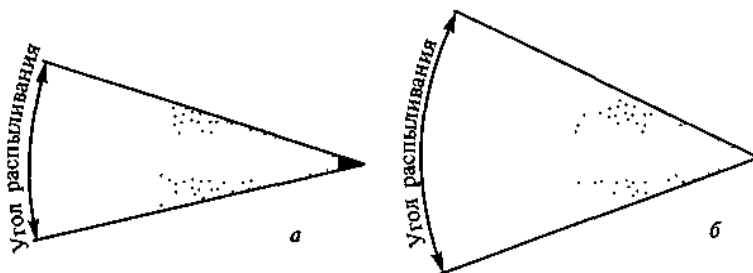


Рис. 1.2. Конусы распыливания и образующиеся факелы высоковязкого (а) и маловязкого (б) дизельного топлива

При чрезмерно низкой вязкости топлива капли при распыливании получаются очень мелкими, дальность их полета настолько уменьшается, что они концентрируются и сгорают в основном в непосредственной близости от форсунок. В этом случае возможны перегрев и деформация форсунок, а также неполное использование воздуха, находящегося в наибольшем удалении от них.

Вязкость дизельного топлива так же, как и других нефтепродуктов, зависит от температуры: с ростом температуры она понижается, а при ее падении увеличивается.

Лучшими свойствами обладает топливо с вязкостью $2,5 \dots 4,0 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 20°C , но чем выше вязкость при 20°C , тем значительнее ее изменение при понижении температуры. Поэтому в стандартах на отечественные дизельные топлива вязкость устанавливается при 20°C в зависимости от их марки (т.е. условий применения): для летних $3,0 \dots 6,0 \text{ мм}^2/\text{с}$; для зимних $1,8 \dots 5,0 \text{ мм}^2/\text{с}$; для арктических $1,5 \dots 4,0 \text{ мм}^2/\text{с}$.

3. Помутнение и застывание дизельных топлив

При понижении температуры наружного воздуха может быть нарушена нормальная подача дизельного топлива по системе питания двигателя на участке бак — насос высокого давления, вследствие кристаллизации высокоплавких углеводородов (в первую очередь, нормальных парафинов). Отдельные кристаллики, срастаясь между собой, образуют ажурный кристаллический каркас, пронизывающий весь объем топлива и способный сковать подвижность основной части углеводородов, находящихся в жидком состоянии.

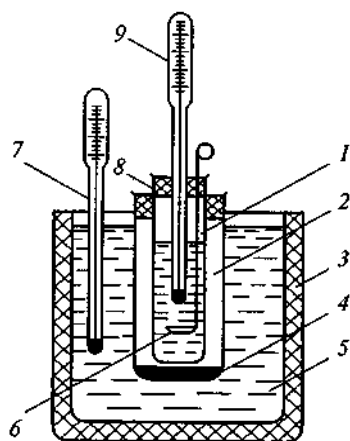


Рис. 3.3. Прибор для определения температур помутнения и застывания дизельного топлива:

1 — пробирка с испытуемым топливом; 2 — пробирка; 3 — кожух с термоизоляцией; 4 — хлористый кальций; 5 — охлаждающая смесь; 6 — мешалка; 7, 9 — термометры; 8 — пробка

Потерю подвижности нефтепродуктов вследствие образования из кристаллизующихся углеводородов каркаса или структурной сетки принято называть застыванием.

Начало процесса кристаллизации углеводородов в стандартах на дизельные топлива характеризуется температурой помутнения, а потеря ими подвижности — температурой застывания. Прибор для определения этих температур показан на рис. 3.3.

Температура помутнения — это температура, при которой в безводном прозрачном дизельном топливе в процессе охлаждения появляются первые признаки помутнения, видимые невооруженным глазом.

Температура застывания — это наивысшая (т. е. высшая в процессе охлаждения) температура, при которой дизельное топливо в стандартном приборе, наклоненном под углом 45° , в течение 1 мин не обнаруживает подвижности.

Эксплуатационная оценка дизельного топлива по температурам помутнения и застывания сводится к определению предельно низкой температуры, при которой еще обеспечивается бесперебойная подача его из баков к двигателю. Установлено, что применять любое дизельное топливо можно при температуре наружного воздуха на $3...5^\circ\text{C}$ выше температуры помутнения и на $10...15^\circ\text{C}$ выше температуры застывания.

4. Испаряемость дизельных топлив

Фракционный состав дизельного топлива определяет его испаряемость. В дизельных двигателях смесеобразование происходит за $20...40^\circ$ поворота коленчатого вала в течение всего лишь $0,001...0,004$ с, т. е. время смесеобразования в дизелях примерно в $10...15$ раз меньше, чем в карбюраторных двигателях. При таком ограниченном времени получение однородной качественной горючей смеси возможно только при достаточно хороших распыливании и испаряемости топлива.

Применение дизельного топлива с утяжеленным фракционным составом вследствие плохой его испаряемости обуславливает несвоевременное

воспламенение и плохое сгорание горючей смеси, дымный выпуск, смывание масла со стенок цилиндров и, следовательно, повышенный износ цилиндропоршневой группы, увеличение образования отложений и ухудшение топливной экономичности двигателя.

Применение дизельного топлива со слишком облегченным фракционным составом, т. е. состоящего из углеводородов, плохо самовоспламеняющихся, затрудняющих пуск и определяющих жесткую работу двигателя, также недопустимо. Поэтому дизельное топливо имеет вполне определенный фракционный состав.

В результате фракционной разгонки получают температуры выкипания 50 и 96 % дизельного топлива. Температура выкипания 50 % определяет наличие в топливе пусковых фракций, а 96 % — является температурой конца кипения и свидетельствует о наличии в нем тяжелых фракций, ухудшающих смесеобразование, повышающих дымность выпускных газов, нагарообразование и снижающих топливную экономичность двигателя.

Утяжеление или одновременное утяжеление и облегчение фракционного состава дизельных топлив рассматривается как одно из перспективных направлений увеличения их ресурсов.

Установлено, что за счет увеличения температуры конца кипения с 360 до 380 °С ресурсы дизельного топлива могут быть увеличены на 3... 4 %. В связи с этим уже сейчас многие марки дизельных топлив, выпускаемых в Венгрии, Германии, Великобритании, Франции, характеризуются повышенной температурой конца кипения (380 °С и более). Расширение фракционного состава (одновременное его утяжеление и облегчение), т.е. отбор дизельных топлив в интервале температур от 106 до 380 °С, позволяет увеличить их выход на 14 ... 16 % при неизменном расходе нефти.

5. Механические примеси и вода в дизельных топливах

Механические примеси, содержащиеся в дизельном топливе, существенно снижают надежность работы агрегатов топливной аппаратуры и двигателя в целом. Причем наиболее опасны механические примеси в виде песка и глинозема, так как, попадая на стенки трущихся деталей, образуют на них риски и царапины, т.е. способствуют ускоренному их износу.

Большой вред механические примеси могут нанести и форсунке, вызвав засорение ее сопел (имеющих диаметр сотые доли миллиметра), из-за чего может произойти прекращение подачи топлива и даже обрыв форсунки.

Самым чувствительным к воздействию абразивных частиц узлом является плунжерная пара. Механические примеси засоряют также топливные фильтры, затрудняя подачу топлива.

Вода в основном ухудшает смазывающие свойства топлива, и это проявляется практически только в износе направляющей иглы распылителя и нарушении ее подвижности. Однако этого вполне достаточно, чтобы нарушить процесс впрыска топлива. Проведенные в МАДИ стендовые

исследования показывают, что обводненность топлива более 0,05 % по массе уже вызывает износ и нарушение подвижности иглы распылителя.

Даже следы воды (содержание ее в нефтепродуктах до 0,025 %) допустимы лишь в летних марках дизельного топлива.

Вода в топливе способствует образованию шлаков, которые приводят к засорению топливопроводов и фильтров, затрудняют пуск двигателя, нарушают подачу топлива и заклинивают плунжер. В зимнее время в результате образования кристаллов льда в топливе может прекратиться его подача в двигатель.

Снизить загрязнение и уменьшить содержание воды в дизельном топливе можно лишь посредством длительного (не менее 10 сут.) отстаивания его и последующего забора из верхних слоев резервуара. Также необходимо сливать отстой из топливных баков и фильтров при ежедневном обслуживании автомобилей.

6. Оценка самовоспламеняемости дизельных топлив

При квалификационных испытаниях дизельного топлива оценивают показатели, характеризующие воспламеняемость его паров от постороннего источника (пламени) и их самовоспламеняемость в среде окислителя (кислорода воздуха) в результате разогрева при адиабатическом сжатии в двигателе.

Температура, до которой необходимо нагреть топливо в смеси с кислородом воздуха, чтобы начался процесс горения, называется температурой самовоспламенения.

Воспламеняемость характеризуется цетановым числом, которое определяет задержку воспламенения топлива и процесс его сгорания, а также склонность топлива к самовоспламенению, что для дизельного двигателя очень важно.

Температура воспламенения и период задержки воспламенения зависят от содержания и строения углеводородов, входящих в состав топлива. Алканы термически наименее устойчивы, они быстро распадаются и окисляются с образованием легковоспламеняющихся продуктов неполного окисления. Поэтому цетановые числа алканов самые высокие, причем наибольшие цетановые числа имеют соединения нормального строения.

Использование топлива, содержащего трудно окисляющиеся парафиновые углеводороды изомерного строения и ароматические углеводороды, определяет жесткую работу двигателя.

Жесткая работа двигателя наблюдается при увеличении периода задержки воспламенения и оценивается она по нарастанию давления при повороте коленчатого вала на 1° .

Считается, что при нарастании давления на 1° поворота коленчатого вала до 0,25...0,50 МПа двигатель работает мягко, при нарастании давления до 0,6...0,9 МПа — жестко, а при нарастании давления более 0,9 МПа — очень жестко.

При жесткой работе двигателя поршень подвергается повышенному ударному воздействию. Это вызывает увеличенный износ кривошипно-шатунного механизма, снижает экономичность двигателя и приводит к другим отрицательным последствиям.

На рис. 3.4 показана схема воспламенения и горения в камере сгорания дизельного двигателя. Зависимость давления в цилиндре от угла поворота коленчатого вала приведена на рис. 3.5.

Склонность дизельного топлива к самовоспламенению и созданию жесткой работы двигателя оценивается цетановым числом, для определения которого используется смесь эталонных топлив, состоящая из цетана и α -метилнафталина. При этом склонность к самовоспламенению цетана

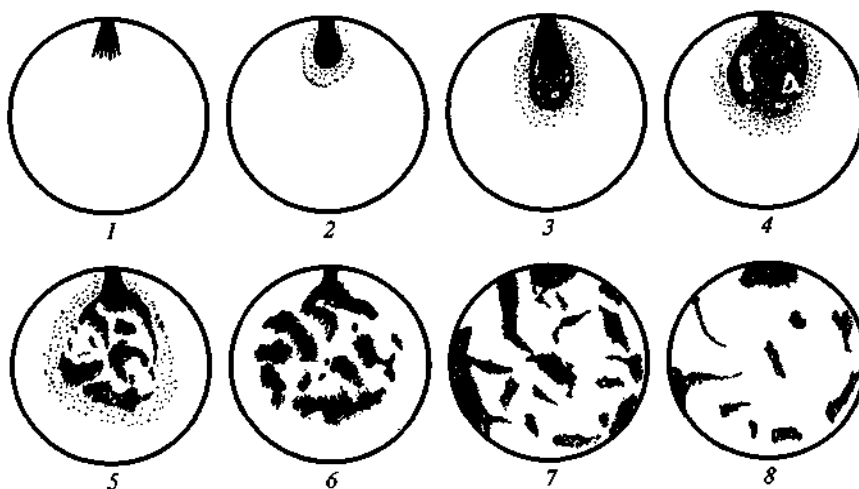


Рис. 3.4. Схема нормального протекания процессов воспламенения и горения в камере сгорания дизельного двигателя:

1, 2 — развитие факела впрыскиваемого топлива; 3 — появление на периферии факела очагов воспламенения; 4, 6 — распространение пламени по всему объему поданного топлива при продолжающемся впрыске новых доз топлива; 7, 8 — догорание топлива после окончания впрыска

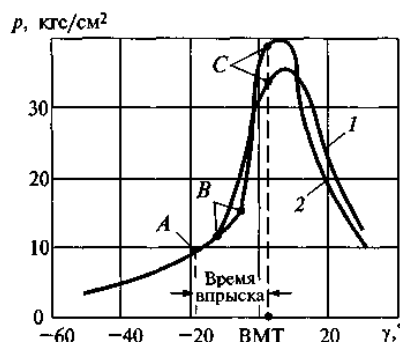


Рис. 3.5. Развернутая индикаторная диаграмма работы быстроходного дизельного двигателя:

1 — мягкой; 2 — жесткой; А — начало впрыска; В — воспламенение; С — конец впрыска

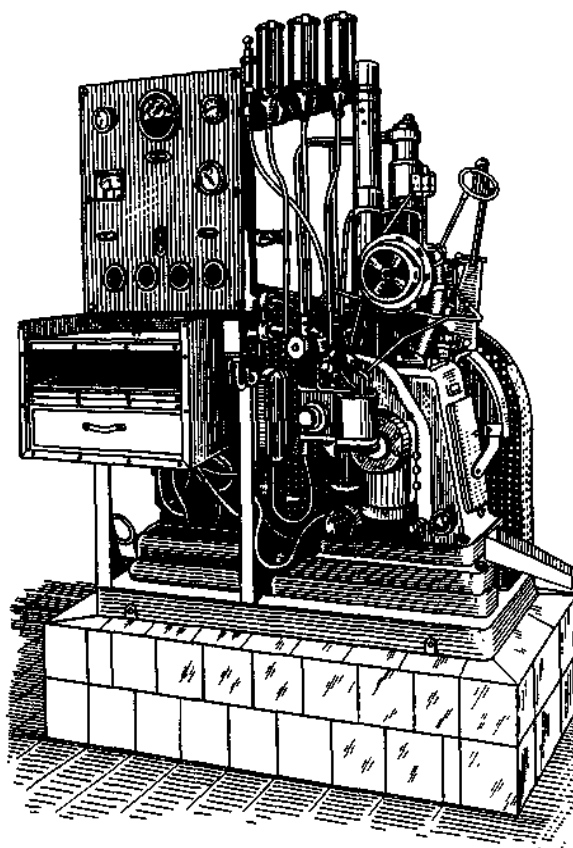


Рис. 3.6. Общий вид моторной установки ИТ9-3 для определения цетановых чисел дизельных топлив

Цетан принимают за 100, а α -метилнафталена — за ноль.

Цетановое число топлива определяют сопоставляя испытуемый образец с эталонным на установке ИТ9-3 (рис. 3.6).

Цетановым числом называют условный показатель самовоспламеняемости дизельного топлива, равный процентному содержанию цетана в такой его смеси с α -метилнафталеном, которая имеет такой же период задержки самовоспламенения, как и испытуемый образец.

Оптимальное цетановое число дизельных топлив находится в интервале 40...50. Применение топлив с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе двигателя, а более 50 — к увеличению удельного расхода топлива в результате уменьшения полноты его сгорания.

Летом можно применять топлива с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя требуется топливо с цетановым числом не менее 45.

Повышение цетанового числа дизельных топлив достигается двумя способами:

одновременным увеличением концентрации нормальных парафинов и снижением содержания ароматических углеводородов;

введением специальных кислородосодержащих присадок (органических перекисей, сложных эфиров азотной кислоты — этилнитрата, изопропилнитрата или цеклогексилнитрата).

Так, добавление 1 % изопропилнитрата в зимнее, арктическое и низкоцетановое топлива, полученные посредством каталитического крекинга, повышает их цетановые числа на 10... 12 единиц. Установлено также, что эта присадка улучшает пусковые характеристики топлива при низких температурах и уменьшает нагарообразование в двигателе.

7. Свойства дизельного топлива, влияющие на образование отложений в двигателе

Способность топлива не загрязнять систему подачи, детали двигателя и не вызывать образования отложений является одним из важнейших его эксплуатационных показателей.

Высокой химической стабильностью отличаются дизельные топлива, получаемые при разгонке нефти с низким содержанием сернистых соединений. Даже при хранении более пяти лет они практически не изменяют своих качеств. Дизельные же топлива, содержащие значительное количество олефинов и меркаптанов, существенно изменяют свои свойства при хранении.

Образование нагара и смолистых отложений зависит не только от состояния и режима работы дизелей, но и от качества топлива.

Образование нагара в камере сгорания повышается в результате неполного испарения и плохого распыливания вследствие большой вязкости топлива с тяжелым фракционным составом.

На процесс нагарообразования оказывает также влияние количество неорганических механических примесей, содержащихся в топливе.

Динамика накопления нагара определяется коксовым числом, т.е. зависит от содержания в топливе серы, фактических смол, его зольности и склонности к лакообразованию.

Коксовое число характеризует способность топлива образовывать углистый остаток при разложении без доступа воздуха и температуре 800...900 °С.

Недостаточная глубина очистки от смолисто-асфальтовых соединений, повышенная вязкость и тяжелый фракционный состав увеличивают коксуемость топлива.

Образующийся после сжигания топлива в воздухе при температуре 800... 850 °С минеральный остаток — зола не только участвует в образовании нагара, но и повышает износ деталей двигателя. Поэтому допустимое содержание ее ограничивается 0,01 %.

Склонность топлив к лакообразованию оценивается по содержанию лака (в мг) в 10 мл топлива, для чего испаряют небольшое количество топлива в специальном лакообразователе при 250 °С.

Для дизельных топлив, содержащих до 20 % продуктов крекинга, ограничивается количество фактических смол (в зимних — не более 30 мг, а в летних — не более 40 мг на 100 мл топлива) и нормируется йодное число.

Йодное число — это количество иода (в г), содержащееся в 100 г нефтепродукта.

Йодное число тем выше, чем больше в топливе олефинов, но оно не должно превышать 6 г на 100 г топлива (зимних и летних марок).

8. Коррозионные свойства дизельных топлив

Присутствие водорастворимых кислот и щелочей в дизельных топливах не допускается.

Содержание органических кислот — кислотность не должна превышать 5 мг КОН на 100 мл топлива.

Содержание активных сернистых соединений (сероводорода, меркаптановой серы, элементарной серы) в дизельном топливе нежелательно.

Проба на медную пластинку должна при выпуске топлива с завода давать отрицательные показатели.

Избыточное количество меркаптанов в топливе увеличивает коррозионный износ плунжерных пар и деталей форсунок, так как, поступая в зону форсунок, они в результате реакций окисления образуют смолы. Поэтому содержание меркаптановой серы в топливе не должно превышать 0,01 %.

В соляровых дистиллятах при получении дизельных топлив из высокосернистой нефти содержится неактивной серы 1,0... 1,3 %, удалять которую сложно, поэтому снижение ее содержания до 0,2...0,5 % допустимо (ГОСТ 305-82).

Установлено, что повышение содержания серы в топливах с 0,2 до 0,6 % приводит к увеличению износа гильз цилиндров и поршневых колец в среднем на 15 %.

9. Марки дизельных топлив и области их применения

Марки дизельного топлива по ГОСТ 305 — 82 устанавливают в зависимости от условий применения: летнее (Л) — для эксплуатации при температуре окружающего воздуха 0 °С и выше; зимнее (З) — для эксплуатации при —20 °С и выше (с температурой застывания не выше —45 °С); арктическое (А) — для эксплуатации при —50 °С и выше (с температурой застывания —55 °С).

По содержанию серы дизельные топлива подразделяются на два вида:
с массовой долей серы не более 0,2 %;
с массовой долей серы не более 0,5 % (для топлива марки А не более 0,4 %).

В условное обозначение топлива марки Л должны входить значение массовой доли серы и температура вспышки (Л-0,2-40); топлива марки З —

массовая доля серы и температура застывания (3-0,2-35); топлива марки А — массовая доля серы.

Контрольные вопросы :

- 1) Как вязкость дизельного топлива влияет на процесс горения в камере сгорания.**
- 2) Что такое температура помутнения и температура застывания?**
- 3) Как фракционный состав дизельного топлива влияет на работу двигателя?**
- 4) Примеси в топливе?**
- 5) Процессы воспламенения и горения в камере сгорания дизельного двигателя.**
- 6) Цетановое число.**
- 7) Отложения в двигателе.**
- 8) Обозначение марок дизельного топлива.**