

Министерство образования Иркутской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Иркутской области
«Усть-Ордынский аграрный техникум»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ –
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по учебной дисциплине ОП.03 Материаловедение

для профессии **23.03.01** Автомеханик

Разработчик:
Бубаев А.Н

п. Усть-Ордынский, 2017г.

РАССМОТРЕНА И РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ
на заседании методической комиссии _____
(Протокол № ____ от « 29 » июня _____ 2017 г.)
Председатель МК _____

Методические рекомендации по выполнению лабораторно-практических работ на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – СПО) по профессии **23.03.01** Автомеханик

Организация-разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Иркутской области
«Усть-Ордынский аграрный техникум»

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Пояснительная записка	3
Практические работы	5
Лабораторная работа № 1 Структура и свойства сталей	5
Лабораторная работа № 2 Структура и свойства чугунов	9
Практическая работа № 1 Маркировка сталей	14
Практическая работа № 2 Маркировка чугунов	20
Практическая работа № 3 Определение механических характеристик металлов	23
Практическая работа № 4 Сравнительная характеристика меди, алюминия и антифрикционных сплавов	31
Практическая работа № 5 Определение эксплуатационных показателей бензинов	35
Практическая работа № 6 Сравнение эксплуатационных и качественных показателей дизельного топлива	53
Практическая работа № 7 Определение свойств моторных масел	59
Практическая работа № 8 Выбор марки масла	63
Практическая работа № 9 Определение свойств технических жидкостей	65
Практическая работа № 10 Технология приготовления электролита	70
Критерии оценки выполнения работ	72
Список рекомендуемой литературы	73

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью лабораторно-практических занятий по Материаловедению является закрепление теоретических знаний, полученных в учебном кабинете.

Методические указания разработаны для подготовки студентов к выполнению лабораторно-практических работ, их оформлению, составлению отчетов и для подготовки к их защите.

Перед подготовкой к работе студенты должны самостоятельно изучить правила выполнения чертежей и технологической документации по ЕСКД и ЕСТП.

Методические указания составлены по следующим темам:

Тема 1.1 Железоуглеродистые сплавы

Лабораторная работа № 1 Структура и свойства сталей	
Лабораторная работа № 2 Структура и свойства чугунов	
Практическая работа № 1 Маркировка сталей	
Практическая работа № 2 Маркировка чугунов	

Тема 1.2 Основы термической и химико-термической обработки металлов

Практическая работа № 3 Определение механических характеристик металлов	
---	--

Тема 1.3 Цветные металлы и их сплавы

Практическая работа № 4 Сравнительная характеристика меди, алюминия и антифрикционных сплавов	
---	--

Тема 2.1 Автомобильные бензины

Практическая работа № 5 Определение эксплуатационных показателей бензинов	
---	--

Тема 2.2 Автомобильные дизельные топлива

Практическая работа № 6 Сравнение эксплуатационных и качественных показателей дизельного топлива	
--	--

Тема 2.4 Автомобильные смазочные материалы

Практическая работа № 7 Определение свойств моторных масел	
Практическая работа № 8 Выбор марки масла	

Тема 2.5 Автомобильные специальные жидкости

Практическая работа № 9 Определение свойств технических жидкостей	
Практическая работа № 10 Технология приготовления электролита	

Лабораторные и Практические работы рассчитаны на 1 или 2 академических часа, поэтому перед выполнением работы студентам необходимо самостоятельно заранее подготовиться к работе – прочитать общие сведения по работе и оформить работу по всем требованиям: записать номер, тему, цель, инструменты и порядок выполнения работы.

ТЕМА 1.1 ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Тема: Структура и свойства сталей

Цель работы: изучить микроструктуры сталей, установить зависимость между структурами и механическими свойствами сталей.

Оборудование и наглядные пособия

- 1 Фотографии микроструктуры сталей
- 2 Микроскоп
- 3 Образцы микрошлифов сталей

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал
2. Рассмотреть микроструктуры сталей
3. Установить зависимость между структурами и механическими свойствами

Контрольные вопросы

1. Какие превращения протекают в железоуглеродистых сплавах?
2. Какие фазы образуются в железоуглеродистых сплавах при комнатной температуре?
3. Какие характерные структуры образуются в сталях при комнатной температуре?

Ход работы

1. Изучить теоретический материал

1 Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом

Железо – металл сероватого цвета. Температура плавления – 1539°C. Железо имеет две полиморфные модификации α , γ и δ .

Модификация α существует при температурах ниже 911°C. Кристаллическая решетка α -железа – объемно центрированный куб (ОЦК) с периодом решетки 0,28606 нм. Плотность α -железа 7,68 г/см³.

Модификация γ -железо (Fe γ) существует при температуре 911-1392 °C. Кристаллическая решетка – гранецентрированная кубическая (ГЦК) с периодом 0,3645 нм.

В интервале 1392 – 1539°C существует δ -железо с кристаллической решеткой – объемно центрированного куба (ОЦК) с периодом решетки 0,293 нм.

Углерод – неметаллический элемент II периода IV группы периодической системы, атомный номер 6, плотность 2,5 г/см³, температура плавления 3500°C, атомный радиус 0,077 нм.

В обычных условиях углерод находится в виде модификации графита, но может существовать в виде алмаза.

В системе железо-углерод различают следующие фазы: жидкий расплав, твердые растворы – α -феррит, δ -феррит и аустенит, а также цементит и графит.

Феррит (Ф) – твердый раствор углерода и других примесей в ОЦК-железе. Атом углерода располагается в решетке феррита в центре грани куба, где помещается сфера радиусом 0,031 нм, а также в дефектах кристаллической решетки. Предельная растворимость углерода в α -феррите 0,02% при температуре 727 °С и менее 0,01% при комнатной температуре, растворимость в δ -феррите – 0,1% при температуре 1499°С. Под микроскопом феррит выявляется в виде однородных полиэдрических (многогранных) зерен. Твердость и прочность феррита невысоки ($\sigma_B=250$ МПа, $HV=800$ МПа).

Аустенит (А) – твердый раствор углерода и других примесей в ГЦК-железе. Предельная растворимость углерода в γ -железе – 2,14 % при температуре 1147°С и 0,8% при 727°С. Атом углерода располагается в центре куба, в котором может разместиться сфера радиусом 0,051 нм и в дефектных областях кристалла.

Цементит (Ц) – химическое соединение железа с углеродом – карбид железа Fe_3C , содержащий 6,67% С. Цементит имеет сложную ромбическую решетку с плотной упаковкой атомов. Температура плавления цементита точно не определена (около 1260°С). К характерным особенностям цементита относятся высокая твердость ($HV=8000$ МПа) и очень малая пластичность (δ около 0%).

Графит (Гр) имеет гексагональную слоистую кристаллическую решетку. Межатомные расстояния в слоях небольшие (0,142 нм), расстояние между плоскостями – 0,340 нм. Графит мягок, обладает низкой прочностью.

Продукт превращения – эвтектоидная смесь феррита и цементита, называемая перлитом. Перлит имеет пластинчатое строение, т.е. состоит из чередующихся пластинок феррита и цементита.

Сплавы железа с углеродом, содержащие до 0,02%С, называют техническим железом.

Сплавы железа с углеродом при содержании углерода от 0,02 до 2,14% носят название сталей (от 0,02 до 0,8% – доэвтектоидные стали, 0,8%С эвтектоидные стали, от 0,8 до 2,14 % – заэвтектоидные стали).

Сплавы железа с углеродом, содержащие от 2,14 до 6,67 %С называются белыми чугунами (от 2,14 до 4,3 % С – доэвтектические, 4,3%С эвтектические чугуны, от 4,3 до 6,67 %С – заэвтектические чугуны).

У всех сталей, содержащих менее 2,14%С, в результате первичной кристаллизации получается структура аустенита, а после затвердевания не содержится хрупкой структурной составляющей – ледебурита; у всех чугунов, содержащих более 2,14%С, структура первичной кристаллизации состоит из аустенитового ледебурита с первичным цементитом или аустенитом.

Стали при высоком нагреве выше 1000°С имеют аустенитную структуру, обладающую высокой пластичностью, поэтому они легко деформируются при нормальных и повышенных температурах.

Чугуны обладают лучшими литейными свойствами, в том числе более низкой температурой плавления и имеют меньшую усадку.

2 Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей

Углерод – основной легирующий элемент, оказывающий определяющее влияние на свойства и структуру стали. Увеличение содержания углерода в стали приводит к повышению прочностных свойств, твердости и снижению пластичности за счет замены мягкого феррита на более прочный перлит. Снижение прочности при содержании углерода свыше 0,8% в сталях, не подвергнутых термической обработке, связано с появлением хрупкой цементитной сетки по границам перлитных зерен. Влияние углерода на механические свойства сталей показано на рисунке 1. Структура сталей в равновесном состоянии при различном содержании углерода показана на рисунке 2.

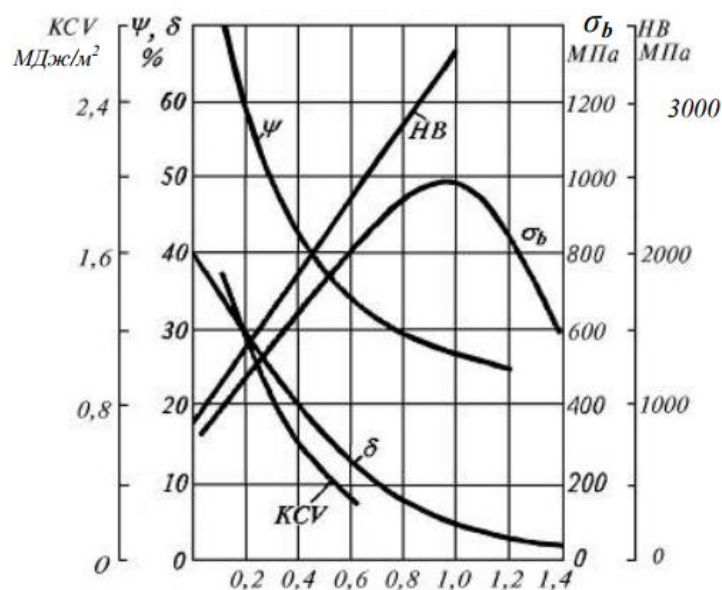


Рисунок 1 – Влияние углерода на механические свойства сталей

Микроструктура	Схема микро-структуры	Описание микроструктуры
		Технически чистое железо $C < 0,02\%$ Структура: феррит ($C < 0,006\%$) + третичный цементит ($C = 0,006 \dots 0,02\%$). Фазы: феррит+цементит.
		Доэвтектоидная сталь $0,02\% < C < 0,8\%$ Структура: темные зерна пластинчатого перлита + феррит. Фазы: феррит+цементит.
		Эвтектоидная сталь $C = 0,8\%$ Структура: 100% пластинчатый перлит. Фазы: феррит+цементит.
		Заэвтектоидная сталь $0,8\% < C < 2,14\%$ Структура: темные зерна пластинчатого перлита + тонкая сетка вторичного цементита. Фазы: феррит+цементит.

Рисунок 2 – Структура сталей в равновесном состоянии при различном содержании углерода

Постоянными примесями в сталях считают марганец, кремний, фосфор, серу, а также газы (водород, азот, кислород).

Марганец вводится в сталь для раскисления (удаления кислорода) и устранения вредного влияния сернистых соединений железа. Марганец повышает прочность горячекатанной стали. Содержание марганца в стали 0,3 – 0,8%.

Кремний раскисляет сталь и сохраняется в ней до 0,4%.

Фосфор – вредная примесь, содержащаяся в рудах железа и топливе. Растворяясь в феррите, фосфор вызывает синеломкость стали, т.е. хрупкость при низких температурах.

Сера – вредная примесь, попадающая в металл из руды и топлива и вызывающая краснеломкость – хрупкость при 800°C и выше, что препятствует горячей обработке давлением.

Водород, азот, кислород могут растворяться в металле или образовывать неметаллические включения (нитриды, оксиды). Это приводит к охрупчиваю стали.

2. Рассмотреть микроструктуры сталей

Рассмотреть микроструктуры сталей на рисунке 2, на фотографиях и в микроскопе и заполнить таблицу:

п/п	Наименование сплава	Рисун ок	Хими ческий состав стали	Описа ние	Позиц ия в ГОСТ

3. Установить зависимость между структурами и механическими свойствами

Изучив рисунок 1, заполнить таблицу:

Содер жание углерода, %	KCV, МДж/м ²	Ψ, %	δ, %	НВ, МПа	Σ _в , МПа
0					
0,2					
0,4					
0,6					
0,8					
1,0					
1,2					
1,4					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Тема: Структура и свойства чугунов.

Цель работы: изучить микроструктуры чугунов, установить зависимость между структурами и механическими свойствами чугунов.

Оборудование и наглядные пособия

- 1 Фотографии микроструктуры чугунов
- 2 Микроскоп
- 3 Образцы микрошлифов чугунов

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал
2. Рассмотреть микроструктуры чугунов
3. Установить зависимость между структурами и механическими свойствами

Ход работы

1. Изучить теоретический материал

В зависимости от состояния включений углерода в структуре различают следующие виды чугунов:

1. Белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии с железом в виде цементита Fe_3C .
2. Половинчатый чугун, в котором более 0,8% углерода находится в связанном состоянии с железом в виде цементита. Структура такого чугуна – перлит, ледебурит перлитовый и графит пластинчатый.
3. Серый чугун, в котором весь углерод или его большая часть находится в виде графита. Содержание цементита $\leq 0,8\%$.

Белый чугун

Белыми называют чугуны, у которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита. Эти чугуны, фазовые превращения в которых происходят согласно диаграмме $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$, подразделяют на доэвтектические, эвтектические и заэвтектические. При комнатной температуре структура белого доэвтектического чугуна состоит из перлитового ледебурита, перлита и вторичного цементита (рисунок 3).

Ледебуритная составляющая на металлографическом шлифе имеет вид светлых цементитных полей (Ц) с равномерно расположенными на них относительно мелкими темными перлитными зернами. Перлит представляется также в виде крупных зерен, т.к. в этом сплаве перлит очень тонкодисперсный. Вторичный цементит часто виден в виде светлых зерен по границам перлитных областей, а частично сливается с первичным цементитом перлитового ледебурита

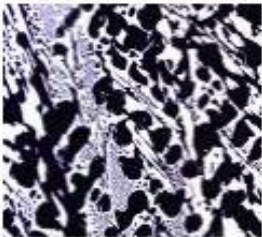
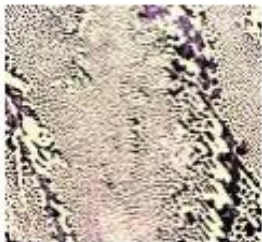
Микроструктура	Схема микро-структуры	Описание микроструктуры
		Доэвтектический белый чугун ($4,3\% < C < 2,14\%$) Структура: перлит + цементит вторичный + ледебурит перлитовый. Фазы: феррит+цементит.
		Эвтектический белый чугун ($C = 4,3\%$) Структура: ледебурит перлитовый. Фазы: феррит+цементит.
		Заэвтектический белый чугун ($6,67\% > C > 4,3\%$) Структура: цементит первичный + ледебурит перлитовый. Фазы: феррит+цементит.

Рисунок 3 – Структура белых чугунов

Серые чугуны

Серыми называют чугуны, у которых весь углерод или часть его присутствует в свободном состоянии в форме графита пластинчатой формы.

Термины: белый и серый чугуны связаны с видом излома, определяемым наличием либо светлых кристаллов цементита, или темных кристаллов графита.

Графит имеет практически нулевую прочность и пластичность. Он обеспечивает пониженную твердость, хорошую обрабатываемость резанием, высокие антифрикционные свойства вследствие низкого коэффициента трения, а также способствует гашению вибрации и резонансных колебаний. Кроме того, графит способствует при охлаждении отливки некоторому увеличению ее объема, чем обеспечивается хорошее заполнение формы. Вместе с тем, включения графита снижает прочность и пластичность, т.к. нарушают сплошность металлической основы сплава.

Серый чугун – это сплав сложного состава. Химический состав серого чугуна колеблется в пределах: 3,2 -3,8 %C, 1 -5 %Si, 0,5 – 0,8 % Mn, 0,2 – 0,4 % P, до 0,12 %S, остальное Fe. Факторами, способствующими графитизации (выделению углерода в свободном состоянии), являются низкая скорость охлаждения и наличие в химическом составе чугуна графитизирующих элементов C, Si и минимальное количество антиграфитизирующего элемента Mn до 1,1%.

Практически, изменяя в чугуне содержание кремния при постоянном количестве марганца, получают различную степень графитизации. Вытянутые пластинки графита фактически являются сильными концентраторами напряжений в металлической основе. Прочность, твердость и износостойкость чугунов растет с увеличением перлита в 40 металлической основе серого чугуна.

Различают чугуны с ферритной, феррито-перлитной и перлитной основой.

Серый чугун является одним из важнейших литейных машиностроительных материалов и характеризуется высокими литейными и удовлетворительными механическими свойствами, хорошей обрабатываемостью резанием, высокой износостойкостью, нечувствительностью к поверхностным дефектам.

Согласно ГОСТ 1412-85 установлены марки отливок из серого чугуна. Например, у чугуна марки СЧ25 временное сопротивление при растяжении $\sigma_B=250$ МПа; твердость HB=1800- 2500 МПа и структура металлической основы – феррит + перлит.

Ферритные и феррито-перлитные серые чугуны СЧ10, СЧ15, СЧ18 используют для слабо- и средненагруженных деталей: крышки, фланцы, маховики, корпуса редукторов и др.

Перлитные серые чугуны СЧ25 применяют для деталей, работающих при повышенных статических и динамических нагрузках: блоки цилиндров, картеры двигателей, поршни цилиндров, станины станков и пр.

Перлитные модифицированные серые чугуны СЧ30, СЧ35, СЧ40, СЧ45 обладают наиболее высокими механическими свойствами. Их применяют при высоких нагрузках: зубчатые колеса, гильзы двигателей, шпиндели, распределительные валы и пр. Структура модифицированных чугунов – перлитная основа с небольшим количеством изолированных пластинок графита.

Схема микроструктуры серого чугуна приведена на рисунке 4.

	Форма графитных включений			
	Пластинчатая	Вермикулярная	Хлопьевидная	Шаровидная
Феррит (150HB)				
Феррит + перлит (200HB)				
Перлит (250HB)				
$\delta, \%$	0,2 - 0,5	1 - 3	5 - 10	10 - 15

Рисунок 4 – Структуры чугунов с разной металлической основой и формой графитовых включений

Высокопрочный чугун

Высокопрочными называют чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму. Их получают модифицированием магнием, церием, иттрием, которые вводят в жидкий чугун в количестве 0,02-0,08%.

По структуре металлической основы высокопрочный чугун может быть ферритным (допускается до 20% перлита) или перлитным (допускается до 20% феррита).

Шаровидный графит является более слабым концентратором напряжений, чем пластинчатый графит, поэтому меньше снижает механические свойства чугуна.

Высокопрочный чугун обладает более высокой прочностью и достаточной пластичностью.

Например, высокопрочный чугун ВЧ 40 имеет временное сопротивление при растяжении 400 МПа, относительное удлинение – не менее 10%, твердость HB – 1400-2200 МПа, структура перлитно-ферритная.

Обычный состав высокопрочного чугуна: 2,7-3,8%С; 1,6-2,7%Si; 0,2-0,7%Mn; ≤ 0,02%S; ≤ 0,1%P.

Из высокопрочных чугунов изготавливают прокатные валки, кузнечно-прессовое оборудование, корпуса паровых турбин, коленчатые валы и другие ответственные детали, работающие при высоких циклических нагрузках и в условиях изнашивания.

Схема микроструктуры высокопрочного чугуна приведена на рисунке 4.

Ковкий чугун

Ковкими называют чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму. Их получают путем специального графитизирующего отжига (томления) отливок из белых доэвтектических чугунов. Отливки загружают в специальные ящики, засыпают песком или стальными стружками для защиты от окисления и производят нагрев и охлаждение по схеме, приведенной на рисунке 5.

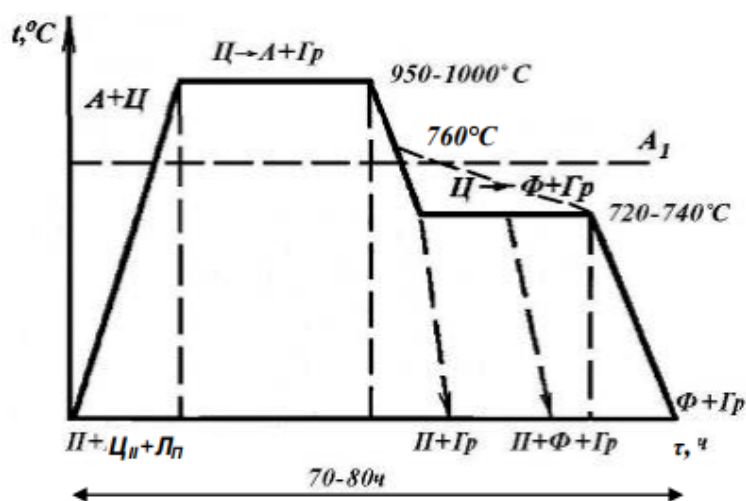


Рисунок 5 – Схема отжига белого чугуна на ковкий

При температуре 950-1000°C происходит графитизация эвтектического и избыточного цементита – превращение метастабильного цементита в стабильный графит и аустенит. При второй выдержке при температуре 720-740°C графитизируется цементит образовавшегося перлита (иногда вместо выдержки проводят медленное охлаждение от 770°C до 700°C в течение 30 часов). В процессе второй стадии отжига распадается цементит перлита на феррит и графит.

Отжиг белого чугуна для получения ферритного ковкого чугуна называют полным графитизирующим отжигом.

Высокопластичный ($\delta \leq 12\%$) и имеющий достаточную прочность ферритный ковкий чугун, называют ковким условно. Детали из него получают не ковкой, а литьем, с последующим отжигом.

Для получения перлитных ковок чугунов отжиг производят в окислительной среде, засыпая отливки окалиной или измельченной рудой. Режим отжига: нагрев отливок до 1000°C, выдержка в течение 51...57 ч., медленное охлаждение на воздухе. Обычный состав ковкого чугуна 2,4-2,8 %С; 0,8-1,4%Si; < 0,2 % P. Структура – ферритная, феррито-перлитная, перлитная. Отсутствие литейных напряжений, снятых во время отжига,

благоприятная форма и изолированность графитных включений обуславливают высокие механические свойства ковких чугунов.

Например, чугун КЧ 45-6 имеет временное сопротивление при растяжении 450 МПа, относительное остаточное удлинение $\delta = 6\%$, HB=2400МПа и структуру феррит + перлит.

Из ковкого чугуна изготавливают детали высокой прочности, работающие в тяжелых условиях износа, способные воспринимать ударные и знакопеременные нагрузки, в том числе клапаны, муфты, картеры редукторов, коленчатые валы и др.

Схема микроструктуры ковкого чугуна приведена на рисунке 4.

2. Рассмотреть микроструктуры чугунов

Рассмотреть микроструктуры чугунов на фотографиях и в микроскопе и заполнить таблицу:

п/п	Наименование сплава	Рисунок	Химический состав чугуна	Характеристика	Применение

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Маркировка сталей

Цель работы: изучение классификации сталей, определение их марок и области применения

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал
2. Расшифровать марки конструкционных материалов, приведенные в таблице. Указать примерное назначение материала. Вариант выдается преподавателем.

№ варианта	Марки
1	ВСт3кп2, 08Х20Н14С2, Р9
2	11Х11Н2В2МФ, ШХ30, У11
3	25ХГСА, Р6М5Ф2К8, 50
4	45ХН3МФА, ШХ9, 20пс
5	10Х17Н13М2Т, А20, Ст6
6	Ст5Гпс3, 25Х13Н2, 15кп
7	16Х11Н2ВМФ, А40Г, ШХ15
8	45Х22Н4М3, У13, БСт2пс2
9	31Х19Н9М8ВТ, Р9, 45
10	12Х18Н9Т, ШХ15ГС, А20
11	ВСт3пс, 20Х, Р12,
12	15Х6СЮ, Р6М5, У13А
13	38Х2МЮА, ВСт4пс2, 50Г
14	36Х18Н25С2, А30, ВСт2кп6
15	40ХМФА, Р6М3Ф2, А30
16	Ст0, 30Х13, ШХ6
17	09Х16Н4Б, БСт3Г, ШХ6
18	45ХН3МФ-Ш, У11, А11
19	14Г2АФ, Р6М2Ф3, ВСт5сп
20	15Х7Н2Т-Ш, Р6М5Ф2К8
21	БСт1, 50ХГ, Р6М3Ф2
22	08Х18Т1, У10А, 30пс
23	Р12, 13Х14НВ2ФР, Ст5пс3
24	У9, 07Х25Н13, ШХ15
25	А11, 20Х12ВНМФ, 25пс

Ход работы

Теоретический материал

На долговечность деталей, инструментов, машин, аппаратов и сооружений, применяемых в нефтегазовой, химической и автомобильной промышленности, влияет правильный выбор материала для их изготовления, а так же технологический процесс его обработки.

Разнообразные условия работы деталей, машин и оборудования вызывают необходимость искать критерии рационального выбора материалов, методы их упрочнения и т.п., а в ряде случаев создавать новые типы сплавов и неметаллических

материалов. В настоящее время для изготовления деталей машин и конструкций используются металлы и их сплавы, металлические и металлокерамические порошки, пластмассы, резина, стекло, керамика, древесные и другие неметаллические вещества.

Наиболее широкое распространение в качестве конструкционных материалов получили металлы и их сплавы, поэтому в настоящей работе рассмотрены только стали, чугуны и некоторые цветные металлы и сплавы.

Представителями черных металлов и сплавов являются сплавы железа и углерода: стали и чугуны. **Стаями** называют сплавы с содержанием углерода до 2,14 %, а **чугунами** называют сплавы с содержанием углерода от 2,14% до 6,67%. Кроме основных компонентов (железо и углерод) в состав сталей и чугунов входят примеси: марганец, кремний, сера и фосфор. А также сплавы могут содержать специально введенные элементы, которые служат для улучшения физико-химических и механических свойств. Такие элементы называют легирующими.

Классификация и маркировка сталей.

Стали классифицируют по химическому составу, назначению, степени раскисления и качеству.

1. По химическому составу различают углеродистые (ГОСТ 380-71, ГОСТ 1050-75) и легированные (ГОСТ 4543-71, ГОСТ 5632-72, ГОСТ 14959-79) стали.

Углеродистые стали могут быть:

- 1) низкоуглеродистые, содержание углерода менее 0,25%;
- 2) среднеуглеродистые, содержание углерода 0,25-0,60%;
- 3) высокоуглеродистые, содержание углерода свыше 0,60%.

Легированные стали подразделяют на:

- 1) низколегированные, содержание легирующих элементов до 2,5%;
- 2) среднелегированные, в их состав входят от 2,5 до 10% легирующих элементов;
- 3) высоколегированные, которые содержат свыше 10% легирующих элементов.

2. По назначению стали бывают:

- 1) **конструкционные**, (изготовление строительных и машиностроительных изделий);
- 2) **инструментальные**, (режущий, мерительный, штамповый и прочие инструменты).
- 3) с **особыми физическими свойствами** (с определенными магнитными характеристиками или малым коэффициентом линейного расширения: электротехническая сталь, суперинвар);
- 4) с **особыми химическими свойствами**, (нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, кислотостойкие стали).

3. По степени раскисления стали классифицируют на спокойные, кипящие и полуспокойные.

Раскисление – это процесс удаления из жидкого металла кислорода, проводимый для предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации.

Спокойные стали – это полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами “сп” в конце марки (иногда буквы опускаются).

Кипящие стали – слабо раскисленные; маркируются буквами "кп".

Полуспокойные стали, занимают промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

4. По качеству стали подразделяют в зависимости от содержания вредных

примесей: серы и фосфора. Бывают

- 1) **стали обыкновенного качества**, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора;
- 2) **качественные** – до 0,035% серы и фосфора, каждого отдельности;
- 3) **высококачественные** – до 0,025% серы и фосфора;
- 4) **особовысококачественные**, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

1) Классификация углеродистых сталей

Углеродистые стали классифицируются по химическому составу, качеству, степени раскисления, структуре и назначению.

По химическому составу выделяют низкоуглеродистые ($\leq 0,3\%C$), среднеуглеродистые ($0,3-0,5\%C$) и высокоуглеродистые ($\geq 0,6\%C$) стали.

По металлургическому качеству, характеризуемому количеством вредных примесей S и P, стали классифицируют на стали обыкновенного качества и качественные.

Стали обыкновенного качества содержат вредных примесей до 0,055%S и 0,045 %P, качественные – не более 0,04%S и 0,035 %P.

По степени раскисления и характеру затвердевания стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие (соответственно в конце марки стали ставится индекс сп, пс и кп).

При классификации по структуре учитывают структуру в отожженном (равновесном) состоянии. Углеродистые стали разделяют на три класса – доэвтектоидные (имеющие перлитно-ферритную структуру), эвтектоидные (структура – перлит), заэвтектоидные (имеющие перлитно-цементитную структуру).

По назначению углеродистые стали делятся на конструкционные, используемые для изготовления деталей машин, и инструментальные.

Углеродистые стали

Широкое применение углеродистых сталей объясняется их относительной дешевизной и удовлетворительными механическими свойствами. Эти стали выпускают обыкновенного качества и качественные.

Углеродистые стали обыкновенного качества – это наиболее дешевые стали, изготавливаемые в виде проката (прутки, листы, швеллеры, трубы и др.) и поковок. Углеродистые стали обыкновенного качества предназначены для изготовления различных металлоконструкций, а также слабонагруженных деталей машин и приборов. Состав и свойства сталей определяются ГОСТ 380-2005.

Сталь обыкновенного качества подразделяется по поставкам на 3 группы:

- 1) сталь группы «А» поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора);
- 2) сталь группы «Б» – по химическому составу;
- 3) сталь группы «В» – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Сталь каждой группы делится на категории, в зависимости от нормируемых показателей (предел прочности σ_B , относительное удлинение $\delta\%$, предел текучести σ_T). Категории обозначаются арабскими цифрами.

Стали обыкновенного качества обозначают буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств. Чем больше цифра в марке, тем выше содержание углерода и прочностные свойства, но ниже пластичность. Так, в зависимости от марки (номера) стали, содержание углерода в них увеличивается, при этом возрастает предел прочности (σ_B) от 300 до 600 МПа, и предел текучести ($\sigma_{0,2}$) от 150 до 300 МПа, а относительное удлинение (δ) снижается от 32 до 14%. Среднее содержание углерода можно определить по следующей зависимости: $C_{ср} \approx 0,07 \cdot N\%$, где N –

условный номер марки стали. Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер. Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали. Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится. Для указания категории стали в конце обозначения марки добавляют номер, соответствующий категории (первую категорию обычно не указывают).

Например:

БСт0 – углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы «Б», первой категории (стали марок Ст0 и БСт0 по степени раскисления не разделяют);

Ст3кп2 – углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, номер марки 3, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа «А»);

ВСт4Г – углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, номер марки 4, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа «В»).

Углеродистые конструкционные качественные стали. Эти стали характеризуются более низким содержанием вредных примесей и неметаллических включений. Они поставляются в виде проката, поковок с гарантированным химическим составом и механическими свойствами.

Стали маркируются словом «сталь» и двухзначными числами 05, 08, 10, 15, 20 ...85, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Спокойные углеродистые качественные стали маркируются без индекса, полуспокойные и кипящие с добавлением соответственно «пс» и «кп».

Например, 10кп – сталь углеродистая качественная, кипящая, содержит 0,1% углерода; 80 – сталь углеродистая качественная, спокойная, содержит 0,8% углерода;

Низкоуглеродистые стали типа 05, 08, 10 – малопрочные, высокопластичные, применяются для холодной штамповки различных изделий.

Стали 10, 20, 25 – пластичны, хорошо штампуются и свариваются, применяются для изготовления крепежных деталей, втулок, осей, 34 кулачков и др. Низкоуглеродистые стали могут насыщаться с поверхности углеродом (цементация). Они носят название цементуемые.

Среднеуглеродистые стали 30, 35, 45, 50 имеют повышенную прочность, достаточную вязкость и пластичность. Применяют эти стали для изготовления небольших валов, шатунов, зубчатых колес и др. Изделия после механической обработки подвергают закалке и высокому отпуску (термическому улучшению).

Стали 60, 65, 70, 75, 80 и 85 применяют для изготовления рессор- но-пружинных изделий.

Инструментальные углеродистые качественные стали содержат $\geq 0,7\%C$ и отличаются высокой твердостью и прочностью. Эти стали делятся на качественные и высококачественные.

Например, высококачественные стали обозначают буквой А, которая ставится в конце обозначения марки стали. Марки качественной стали обозначаются: У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13; высококачественной: У7А, У8А, У13А. Цифры в марке показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента.

Например:

У7 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, содержащая 0,7% углерода, спокойная (все инструментальные стали хорошо раскислены);

У10 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, спокойная содержит 1,0% углерода;

Стали У7, У8, У9 имеют достаточно высокую вязкость и применяются для инструментов, подвергающихся ударам: столярного, слесарного, кузнечного инструмента, матриц, пуансонов и др.

Стали У10, У11, У12 применяют для инструмента с высокой твердостью на рабочих гранях (HRC 62...64). Это напильники, пилы, метчики, резцы, калибры и т.д.

Сталь У13 используют для инструментов, требующих наиболее высокую твердость: шаберов, гравировального инструмента.

Высококачественные стали имеют то же назначение, что и качественные, но из-за большей вязкости их применяют для инструментов с тонкой режущей кромкой.

Легированные стали

В основу маркировки **качественных легированных сталей** положена буквенно-цифровая система (ГОСТ 4543-71).

Легировующие элементы, входящие в состав стали, обозначают русскими буквами:

А – азот	К – кобальт	Т – титан
Б – ниобий	М – молибден	Ф – ванадий
В – вольфрам	Н – никель	Х – хром
Г – марганец	П – фосфор	Ц – цирконий
Д – медь	Р – бор	Ч – редкоземельные металлы
Е – селен	С – кремний	Ю – алюминий

Количество углерода, как и при обозначениях углеродистых сталей указывается в сотых долях процента цифрой, стоящей в начале обозначения; количество легировующего элемента указывается цифрой, стоящей после соответствующего индекса. Отсутствие цифры после индекса элемента указывает на то, что его содержание 0,8-1,5%, за исключением молибдена и ванадия (содержание которых в солях обычно до 0,2-0,3%), а также бора (в стали с буквой Р его должно быть не менее 0,0010%).

Например:

09Г2С – качественная низколегированная сталь, спокойная, содержит приблизительно 0,09% углерода, до 2,0% марганца и около 1,5% кремния;

18ХЗН4М4 – качественная высоколегированная сталь, спокойная содержит 0,18% углерода, 3,0% хрома, 4,0% никеля, 4,0% молибдена.

Высококачественные и особовысококачественные стали маркируют, так же как и качественные, но в конце марки высококачественной стали ставят букву «А», (эта буква в середине марочного обозначения указывает на наличие азота, специально введенного в сталь), а после марки особовысококачественной – через тире букву «Ш».

Например:

12ХНА – высококачественная углеродистая сталь, содержащая 0,12% углерода, хрома и никеля в среднем 0,8-1,5% каждого в отдельности;

У8А – высококачественная углеродистая инструментальная сталь, с содержанием углерода 0,8%;

30ХГС-Ш – особовысококачественная среднелегированная сталь, содержащая 0,30% углерода, хрома, марганца и кремния от 0,8 до 1,5% каждого в отдельности.

Специальные методы получения высоколегированных сталей обозначают соответствующими буквами, проставляемыми через тире в конце марки: ВД – вакуумно-дуговой переплав, Ш – электрошлаковый переплав, СШ – обработка синтетическим шлаком и др.

Отдельные группы сталей со специальными свойствами обозначают несколько иначе.

Шарикоподшипниковые стали маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента.

Например:

ШХ6 – шарикоподшипниковая сталь, содержащая 0,6% хрома;
ШХ15ГС – шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1,5% хрома и от 0,8 до 1,5% марганца и кремния.

Быстрорежущие стали (сложнолегированные) обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама:

Например:

Р18-быстрорежущая сталь, содержащая 18,0% вольфрама;

Р6М5К5-быстрорежущая сталь, содержащая 6,0% вольфрама 5,0% молибдена 5,0% кобальта.

Автоматные стали обозначают буквой "А" и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента:

Например:

А12 – автоматная сталь, содержащая 0,12% углерода (все автоматные стали имеют повышенное содержание серы и фосфора);

А40Г – автоматная сталь с 0,40% углерода и повышенным до 1,5% содержанием марганца.

Например:

Литейные стали имеют в конце маркировки букву «Л»:

30Л – литейная качественная среднеуглеродистая сталь, спокойная, содержащая 0,30% углерода.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: Маркировка чугунов

Цель работы: изучение классификации чугунов, определение их марок и области применения

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал

2. Расшифровать марки конструкционных материалов, приведенные в таблице.

Указать примерное назначение материала:

№ варианта	Марки чугуна
1.	СЧ10, ВЧ35, КЧ30-6, ЧХ1
2.	СЧ15, ВЧ40, КЧ35-10, ЧХ9Н5
3.	СЧ20, ВЧ50, КЧ40-1,5, ЧС15М4
4.	СЧ25, ВЧ55, КЧ45-6, ЧС5
5.	СЧ30, ВЧ60, КЧ50-10, ЧЮ30
6.	СЧ35, ВЧ65, КЧ55-1,5, ЧЮ7Х2
7.	СЧ10, ВЧ70, КЧ60-6, ЧГ7Х4
8.	СЧ15, ВЧ75, КЧ65-10, ЧГ8Д3
9.	СЧ20, ВЧ80, КЧ70-1,5, ЧНХТ,
10.	СЧ25, ВЧ85, КЧ75-6, ЧН15Д7
11.	СЧ30, ВЧ90, КЧ80-10, ЧХ28
12.	СЧ35, ВЧ95, КЧ30-1,5, АЧВ-2
13.	СЧ10, ВЧ100, КЧ30-6, АЧС-1
14.	СЧ15, ВЧ35, КЧ35-10, АЧК-2
15.	СЧ20, ВЧ40, КЧ40-1,5, ЖЧХ-2,5
16.	СЧ25, ВЧ45, КЧ45-6, ЖЧС-5,5
17.	СЧ30, ВЧ50, КЧ50-10, ЖЧХ
18.	СЧ35, ВЧ55, КЧ55-1,5, ЧН2Х
19.	СЧ10, ВЧ60, КЧ60-6, ЖЧС5
20.	СЧ15, ВЧ65, КЧ65-10, ЧС5
21.	СЧ20, ВЧ70, КЧ70-1,5, ЧН15Д3Ш
22.	СЧ25, ВЧ75, КЧ75-6, ЧН19Х3Ш
23.	СЧ30, ВЧ80, КЧ80-10, ЧХ9Н5
24.	СЧ35, ВЧ85, КЧ30-1,5, ЧН19Х3Ш
25.	СЧ10, ВЧ90, КЧ35-6, ЧН2Х

3. Задание на дом: расписать назначение легирующих элементов в сталях и чугунах. Например: Медь – вплоть до 0,5 % содержания меди улучшает коррозионную стойкость легированных сталей.

Ход работы

Теоретический материал

В зависимости от состояния углерода в чугуне, различают: белые, серые, высокопрочные, ковкие чугуны и чугуны с вермикулярным графитом. Белыми называют чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита

(карбид железа). В остальных видах чугунов (серые, высокопрочные, ковкие, с вермикулярным графитом) углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита.

В серых чугунах – в пластинчатой или червеобразной форме; в высокопрочных – в шаровидной форме, в ковких – в хлопьевидной форме. Чугуны с вермикулярным графитом имеют две формы графита – шаровидную (до 40%) и вермикулярную (в виде мелких тонких прожилок).

1. Белый чугун получается при сравнительном быстром охлаждении расплава в металлических изложницах – кокилях. Углерод в белом чугуне присутствует в основном в виде цементита, поэтому такой чугун очень твёрд, хрупок и имеет в изломе белый цвет. В связи с высокой хрупкостью и низкой обрабатываемостью применяется для изготовления крайне ограниченного числа деталей (прокатные валки, дробильные мельничные шары), а также для последующего превращения в ковкий чугун. Маркировки не имеет.

2. Серый чугун по ГОСТ 1412-85 (СЧ10, СЧ15, ...СЧ35) получается при более медленном охлаждении расплава, например, в песчано-глинистых формах. При этом углерод успевает выделиться в виде графитовых пластинок в виде чешуек, равномерно распределённых в ферритной, ферритно-перлитной или перлитной основе. Поскольку острые края пластинок графита являются сильными концентраторами напряжений, то относительное удлинение серых чугунов (δ) не превышает 1 %. Серый чугун маркируется буквами СЧ, после которых идёт цифра, указывающая на минимальное допустимое значение σ_b в кгс/мм². Серый чугун обладает прекрасными литейными свойствами, хорошо работает на сжатие и плохо на растяжение. Из него изготавливают станины станков, картеры ДВС, корпуса редукторов и т. п. Серые обозначаются по ГОСТу 1412-85 следующим образом: СЧ-35, СЧ-10, СЧ-20, СЧ-15.

Например:

СЧ 10 – серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;

3. Высокопрочный чугун по ГОСТ 7293-85 (ВЧ35, ВЧ40, ...ВЧ100) получают путём микролегирования расплава порошком *Mg*, *Ca*, *Se* и др. элементов. Частицы порошка являются центрами кристаллизации графита, поэтому он приобретает сферическую форму. При получении чугуна высоких марок (с большей прочностью) производят дополнительное легирование небольшим количеством *Ni*, *Cr*, *Cu* и *Mo*. Основа высокопрочных чугунов также может быть ферритной, ферритно-перлитной или перлитной. Чугун маркируется буквами ВЧ, после которых идет цифра, указывающая на минимальное допустимое значение σ_b в кгс/мм² (по старому ГОСТ 7293-79 после черточки указывали еще и минимально допустимое относительное удлинение δ в % – ВЧ38-17, ВЧ42-12, ... ВЧ120-2). Из высокопрочного чугуна изготавливают высоконагруженные ответственные детали (корпуса паровых турбин, коленчатые валы и поршни ДВС и т. п.).

При более экономном микролегировании образуется *вермикулярный* графит (рис. 6) и получается чугун с несколько более низкими механическими свойствами. Высокопрочный чугун с вермикулярным графитом по ГОСТ 28394-89 изготавливается только четырех марок: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45. Такой чугун более технологичен по сравнению с высокопрочным по ГОСТ 7293-85, т. к. обладает лучшей жидкотекучестью и дает меньшую усадку. Всего насчитывается 8 марок. Обозначается высокопрочный чугун следующим образом: ВЧ-40, ВЧ-35, ВЧ-45, ВЧ-50 и т. д.

Например:

ВЧ 70 – высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении 700 МПа;

4. Ковкий чугун по ГОСТ 1215-79 (КЧ30-6, КЧ35-10, ...КЧ80-1,5) получают длительным отжигом отливок из белого чугуна; при этом цементит разлагается с образованием хлопьевидного графита округлой формы. Структура и свойства ковкого чугуна аналогичны структуре и свойствам высокопрочного чугуна. Маркируется буквами КЧ, после которых идут две группы цифр. Первые две цифры, которые идут после букв обозначают наименьшее сопротивление (временное) в кгс/мм.² а последняя группа цифр обозначает относительное удлинение в процентах, при растяжениях. Ковкие разделяются на 11 марок, обозначаются они следующим образом: КЧ 30-6, КЧ 35-Ю, КЧ 33-8, КЧ 80-1,5 и т. д. Применение ковкого чугуна аналогично применению высокопрочного чугуна; однако, детали из него можно получать с толщиной стенки до 50 мм, т.к. при большей толщине невозможно получить исходный белый чугун.

Например:

КЧ 35 – ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 350 МПа;

5. Легированный (или специальный) чугун по ГОСТ 7769-82 и ГОСТ 1585-85 маркируется буквой Ч, а дальше идет сочетание букв и цифр, принятое для легированных сталей; буква Ш в конце марки означает, что это чугун с шаровидным графитом. По химическому составу различают: хромистые (ЧХ1, ЧХ9Н5 и др.), кремнистые (ЧС5, ЧС15М4 и др.), алюминиевые (ЧЮ30, ЧЮ7Х2 и др.), марганцевые (ЧГ7Х4, ЧГ8Д3 и др.) и никелевые (ЧНХТ, ЧН15Д7 и др.) чугуны. В зависимости от назначения различают следующие группы специальных чугунов:

- жаростойкие хромистые (ЧХ28), кремнистые (ЧС5) и никелевые (ЧН15Д3Ш);
- жаропрочные с шаровидным графитом (ЧН19Х3Ш, ЧН11Г7Ш);
- износостойкие хромистые (ЧХ9Н5), алюминиевые (ЧЮ6С5), марганцевые (ЧГ7Х4) и никелевые (ЧН4Х2);
- коррозионно-стойкие никелевые (ЧН15Д7), хромистые (ЧХ22) и кремнистые (ЧС15, ЧС17М3)
- немагнитные (аустенитные) никелевые (ЧН19Х3Ш, ЧН11Г7Ш).

Специальные, как правило, обладают повышенными требованиями, как по износостойкости, так и по жаропрочности, а так же, они стойки к образованию коррозии. Легирование специальных чугунов происходит на основе кремния, никеля, хрома и других элементов.

Различают еще чугуны с особыми свойствами:

1) **антифрикционные чугуны** (ГОСТ 1585-85) – обозначаются первыми буквами АЧ и порядковым номером, например,

АЧС-1 – антифрикционный серый чугун с порядковым номером марки 1;

АЧВ-2 – антифрикционный высокопрочный чугун с порядковым номером марки 2;

АЧК-2 – антифрикционный ковкий чугун с порядковым номером марки 2;

2) **жаростойкие чугуны** (ГОСТ 7769 – 82) – обозначаются буквами ЖЧ, после которых идет буквенное обозначение легирующих элементов (Н – никель, Д – медь и др., аналогично обозначению легирующих элементов в стали) и цифры, указывающие концентрацию элементов в %%; например,

ЖЧХ-2,5 – жаростойкий чугун хромистый с содержанием хрома 2,5%;

ЖЧС-5,5 – жаростойкий чугун, легированный кремнием с содержанием 5,5%;

Условные обозначения некоторых специальных чугунов

ЖЧХ – Жаростойкий, хромовый (коррозионностойкий)

АЧС – Серый, антифрикционный

ЧН2Х – Износостойкий никелевый (коррозионностойкий)

ЖЧС5 – Кремнистый жаропрочный

ТЕМА 1.2 ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Определение механических характеристик металлов

Цель работы: изучить методики испытаний механических свойств, определить основные механические характеристики металлов и сплавов.

Содержание работы:

1. Рассмотреть схемы и методы оценки свойств при испытании на твердость, растяжение и ударный изгиб.
2. Рассчитать механические характеристики по результатам испытаний на растяжение и ударный изгиб.

Краткие теоретические сведения

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться деформации и разрушению под действием приложенных нагрузок.

По характеру изменения во времени действующей нагрузки механические испытания могут быть статическими (на растяжение, сжатие, изгиб, кручение), динамическими (на ударный изгиб) и циклическими (на усталость).

По воздействию температуры на процесс их делят на испытания при комнатной температуре, низкотемпературные и высокотемпературные (на длительную прочность, ползучесть).

Статические испытания проводятся при воздействии на образец с определенной скоростью постоянно действующей нагрузки. Скорость деформации составляет от 10^{-4} до 10^{-1} с^{-1} . Статические испытания на растяжение относятся к наиболее распространенным. Свойства, определяемые при этих испытаниях, приведены в многочисленных стандартах по техническим условиям на материалы.

К статическим относятся испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение.

Динамические испытания характеризуются приложением к образцу ударной нагрузки и значительной скоростью деформации. Длительность испытания не превышает сотен долей секунды. Скорость деформации составляет около 10^2 с^{-1} .

Динамические испытания чаще всего проводят по схеме ударного изгиба образцов с надрезом. Циклические испытания характеризуются многократными изменениями нагрузки по величине и по направлению. Примером испытаний являются испытания на усталость, они длительны и по их результату определяют число циклов до разрушения при разных значениях напряжения. В конечном итоге находят предельные напряжения, который образец выдерживает без разрушения в течение определенного числа циклов нагружения.

Испытания на твердость.

Простейшим механическим свойством является твердость. Методы определения твердости в зависимости от скорости приложения нагрузки делятся на статические и динамические, а по способу ее приложения – на методы вдавливания и царапания.

Методы определения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу относятся к статическим методам испытания.

Твердость – это способность материала сопротивляться вдавливанию в него более твердого тела (индентора) под действием внешних сил. При испытании на твердость в поверхность материалов вдавливают пирамиду, конус или шарик (индентор), в связи с чем различают методы испытаний, соответственно, по Виккерсу, Роквеллу и Бринеллю. Кроме того, существуют менее распространенные методы испытания твердости: метод упругого отскока (по Шору), метод сравнительной твердости (Польди) и некоторые другие.

При испытании материалов на твердость не изготавливают стандартных специальных образцов, однако к размерам и поверхности образцов и изделий предъявляются определенные требования.

Твердость по Виккерсу (ГОСТ 2999-75) устанавливают путем вдавливания в металл индентора – алмазной пирамиды с углом при вершине 136° под действием постоянной нагрузки P : 1; 2; 2,5; 3; 5; 10; 20; 30; 50 или 100 кгс и выдержки под нагрузкой в течение 10–15 с.

Для определения твердости черных металлов и сплавов используют нагрузки от 5 до 100 кгс, медных сплавов – от 2,5 до 50 кгс, алюминиевых сплавов – от 1 до 100 кгс.

После снятия нагрузки с помощью микроскопа прибора находят длину диагонали отпечатка, а твердость HV рассчитывают по формуле:

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2},$$

где P – нагрузка, кгс;

d – диагональ отпечатка, мм.

Имеется таблица зависимости твердости от величины нагрузки и длины диагонали. Поэтому на практике вычислений не производят, а пользуются готовой расчетной таблицей. Твердость по Виккерсу HV измеряется в кгс/мм², Н/мм² или МПа. Значение твердости по Виккерсу может изменяться от HV 2 060 до HV 5 при нагрузке 1 кгс.

По методу Бринелля вдавливают в образец или изделие стальной закаленный шарик диаметром 10, 5 или 2,5 мм под действием нагрузок 3 000, 1 000, 750, 500, 250, 62,5 кгс и др. (ГОСТ 9012-59, рисунок 6). Полученный круглый отпечаток на образце измеряют под лупой и по таблицам находят величину твердости по Бринеллю, значение которой не превышает 450 HB.

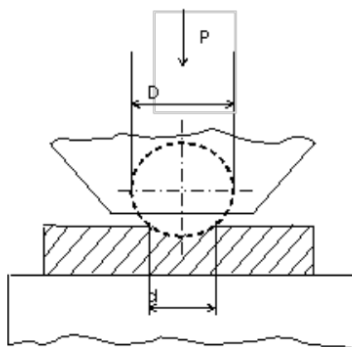


Рисунок 6 – Схема определения твердости по Бринеллю

Твердость по Бринеллю почти совпадает со значениями твердости по Виккерсу.

Твердость HB – это также величина напряжений сопротивления вдавливанию:

$$HB = \frac{P}{F_{от}} = \frac{P}{\pi Dt} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

где P – нагрузка, кгс;

$F_{от}$ – площадь отпечатка, мм²;

t – глубина сегмента отпечатка;
 D – диаметр шарика, мм;
 d – диаметр отпечатка, мм.

Твердость по Бринеллю HB (по умолчанию) имеет размерность кгс/мм², например, твердость алюминиевого сплава равна 70 HB. При нагрузке, определяемой в Ньютонах, твердость по Бринеллю измеряется в МПа. Например, твердость отожженной стали равна 207 HB при нагрузке 3 000 кгс, диаметре шарика 10 мм, диаметре отпечатка 4,2 мм или, учитывая коэффициент перевода: 1 Н = 9,8 кгс, HB = 2 028 МПа.

По методу Роквелла (ГОСТ 9013-59) вдавливают алмазный конус с углом при вершине 120° (шкалы А и С) или стальной шарик диаметром 1,5875 мм (шкала В). При этом определяют твердость, соответственно, HRA, HRC и HRB.

В настоящее время измерение твердости по методу Роквелла является наиболее распространенным методом, потому что при использовании твердомеров Роквелла не требуется измерять отпечаток, число твердости считывается со шкалы прибора сразу после снятия основной нагрузки.

Метод заключается во вдавливании в испытуемый образец индентора под действием двух последовательно прикладываемых нагрузок – предварительной P_0 и основной P_1 , которая добавляется к предварительной, так что общая нагрузка $P = P_0 + P_1$. После выдержки в течение нескольких секунд основную нагрузку снимают и измеряют остаточную глубину проникновения индентора, который при этом продолжает находиться под действием предварительной нагрузки. Перемещение основной стрелки индикатора на одно деление шкалы соответствует перемещению индентора на 0,002 мм, которое принимается за единицу твердости.

На рисунке 7 представлена схема измерения твердости по методу Роквелла алмазным или твердосплавным конусом.

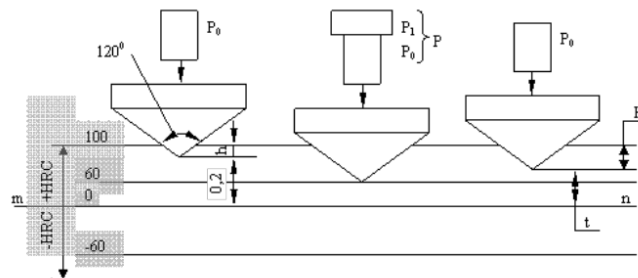


Рисунок 7 – Схема определения твердости по Роквеллу (индентор – конус)

При испытаниях измеряют глубину восстановленного отпечатка. Шкалы А и С между собой совпадают, поскольку испытания проводят одним и тем же индентором – алмазным конусом, но при разных нагрузках: 60 и 150 кгс соответственно. Твердость в этом случае определяется как

$$HRC = \frac{t}{0,002} = 100 - \frac{H - h}{0,002}.$$

По шкале В (нагрузка 100 кгс, шарик)

$$HRB = 130 - \frac{H - h}{0,002}.$$

На практике значения твердости по Роквеллу не рассчитываются по формулам, а считываются с соответствующей (черной или красной) шкалы прибора.

Шкалы HRC и HRA используются для высокой твердости, HRB – для низкой. Число твердости по Роквеллу измеряют в условных единицах, оно является мерой глубины вдавливания индентора под определенной нагрузкой.

Испытание на растяжение

Испытание на растяжение материалов проводят в соответствии с ГОСТ 1497-84 «Методы испытаний на растяжение». Стандарт устанавливает методы статических испытаний на растяжение черных и цветных металлов для определения при температуре 20 °С пределов пропорциональности, упругости, текучести, временного сопротивления разрыву, относительного удлинения и относительного сужения, модуля упругости.

Для испытаний применяют плоские и цилиндрические образцы, вырезанные из детали или специально изготовленные. Размеры образцов регламентированы указанным стандартом, они подчиняются геометрическому подобию и могут быть короткими и длинными.

Для цилиндрического образца берется соотношение начальной рабочей длины l_0 и исходного диаметра d_0 :

$l_0 = 5d_0$ – короткий образец,

$l_0 = 10d_0$ – длинный образец.

Для плоского образца берется соотношение рабочей длины l_0 и площади поперечного сечения F_0 :

$l_0 = 5,65 F_0$ – короткий образец,

$l_0 = 11,3 F_0$ – длинный образец.

Цилиндрические образцы изготавливаются диаметром 3 мм и более. Образцы состоят из рабочей части длиной l_0 и головок, форма и размер которых соответствуют захватам машины (рисунок 8).

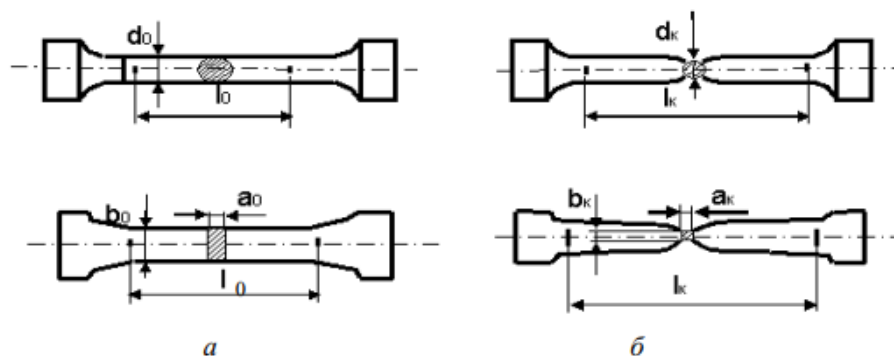


Рисунок 8 – Цилиндрические и плоские образцы до (а) и после (б) испытания на растяжение

Растяжение образца проводят на специальных машинах, позволяющих фиксировать величину прилагаемой нагрузки и изменение длины образца при растяжении. Эти же машины дают возможность записывать изменение длины образца при увеличении нагрузки (рисунок 9), т.е. первичную диаграмму испытания на растяжение в координатах: нагрузка P , Н, кН; и абсолютное удлинение образца Δl , мм.

Измеряя величину нагрузки в характерных точках диаграммы испытаний на растяжение (рисунок 9), определяют следующие параметры механических свойств материалов:

$\sigma_{\text{пц}}$ – предел пропорциональности, точка р;

$\sigma_{0,05}$ – предел упругости, точка е;

$\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести физический, точка s;

$\sigma_{0,2}$ – предел текучести условный;

$\sigma_{\text{в}}$ – временное сопротивление разрыву, или предел прочности, точка в.

Значения 0,05 и 0,2 в записи предела упругости и текучести соответствуют величине остаточной деформации Δl в процентах от l_0 при растяжении образца.

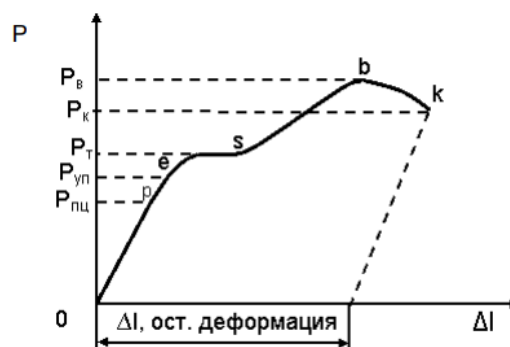


Рисунок 9 – Первичная диаграмма растяжения

Напряжения при испытании на растяжение вычисляют путем деления нагрузки P , соответствующей характерной точке на диаграмме, на площадь первоначального поперечного сечения F_0 рабочей части испытуемого образца:

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{P_{\text{пц}}}{F_0}; \quad \sigma_{0,05} = \frac{P_{0,05}}{F_0}; \quad \sigma_T = \frac{P_T}{F_0}; \quad \sigma_B = \frac{P_B}{F_0}, \text{ или } \sigma_B = \frac{P_{\text{max}}}{F_0}.$$

Площадь поперечного сечения F_0 определяется по следующим формулам:
для цилиндрического образца:

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4},$$

для плоского образца $F_0 = a_0 \cdot b_0$,

где a_0 – первоначальная толщина;

b_0 – первоначальная ширина образца.

В точке k устанавливают напряжение сопротивления разрушению материала.

Предел пропорциональности и предел упругости определяют с помощью тензометра (прибор для определения величины деформации).

Предел текучести физический и условный рассчитывают, находя нагрузку по диаграмме растяжения. Если на диаграмме нет площадки текучести, то для вычисления условного предела текучести необходимо провести графические построения на диаграмме (рисунок 10).

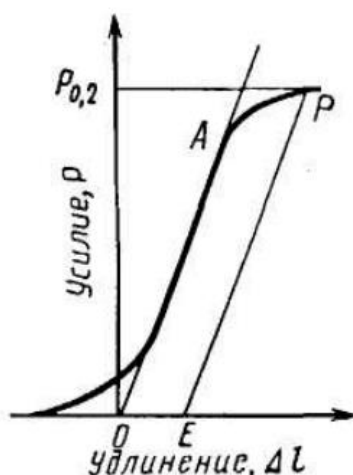


Рисунок 10 – Определение предела текучести

Вначале находят величину остаточной деформации, равную 0,2 % от l_0 , далее отмечают отрезок на оси деформации, равный 0,2 % от l_0 , и проводят линию, параллельную пропорциональному участку диаграммы растяжения, до пересечения с кривой растяжения. Нагрузка $P_{0,2}$ соответствует точке их пересечения.

Физический и условный предел текучести характеризуют способность материала к началу пластической деформации, т.е. сопротивление малой пластической деформации.

Предел прочности можно подсчитать, используя показания силоизмерителя, по максимальной нагрузке $P_{\max}$ при разрыве либо найти $R_{\max}$ (R_b) по первичной диаграмме растяжения. Характер деформации при растяжении вязких и хрупких материалов существенно различается.

Хрупкие материалы после достижения максимальной нагрузки быстро разрушаются без значительной пластической деформации, поэтому σ_b для хрупких материалов является характеристикой сопротивления разрушению, а для пластичных – характеристикой сопротивления деформации.

Напряжение разрушения определяют как истинное. При этом нагрузку разрушения делят на конечную площадь поперечного сечения образца после разрушения

$$S_{\epsilon} = \frac{P_{\epsilon}}{F_{\epsilon}}.$$

Все рассчитанные таким образом величины являются характеристиками *прочности материала*.

Пластичность, т.е. способность деформироваться без разрушения, характеризуется изменениями размеров образца. При испытании на разрыв определяют следующие характеристики пластичности:

$$\delta = \frac{l_{\epsilon} - l_0}{l_0} \cdot 100\% ;$$

относительное удлинение

$$\psi = \frac{F_{0k} - F}{F_0} \cdot 100\% ,$$

относительное сужение

где l_k , F_k – соответственно, длина рабочей части и площадь поперечного сечения образца после разрыва.

Рассчитанные характеристики механических свойств после испытания на растяжение заносятся в протокол.

Испытания на ударный изгиб.

Ударная вязкость характеризует удельную работу, затрачиваемую на разрушение при ударе образца с надрезом. Ударная вязкость испытывается на маятниковом копре с постоянным запасом работы маятника по ГОСТ 9454-78 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах». Стандарт распространяется на черные и цветные металлы и сплавы и устанавливает метод испытания при температурах от -100 до $+1\ 000$ °С.

Метод основан на разрушении ударом маятникового копра образца с концентратором напряжений. В результате испытания определяют полную работу, затраченную при ударе K , или ударную вязкость K_C . Используют образцы прямоугольной формы с концентратором типа U, V, T (усталостная трещина). Наиболее распространенными образцами являются образцы размерами $55 \times 10 \times 10$ мм с U-концентратором 2×2 мм (рисунок 11).

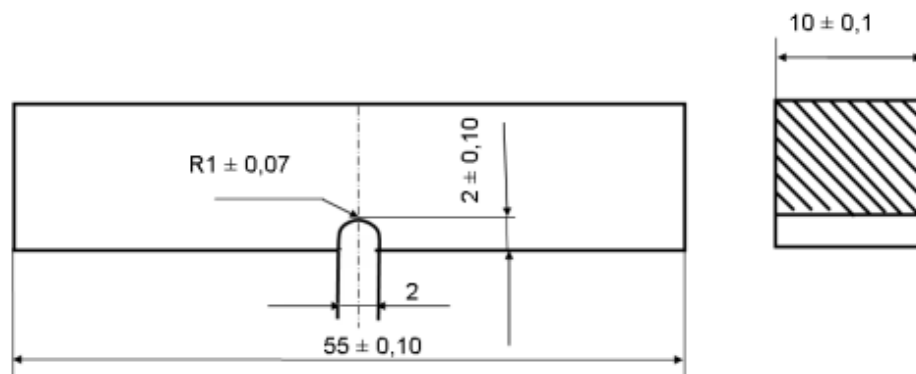


Рисунок 11 – Стандартный образец с U-образным надрезом для испытаний на ударный изгиб

На разрушение ударом образца затрачивается только часть энергии маятника, в связи с чем маятник после разрушения образца продолжает двигаться, отклоняясь на определенный угол. Чем больше величина работы, затрачиваемой на разрушение образца, тем на меньший угол он отклоняется от вертикали после разрушения.

По величине этого угла и определяют работу удара K или работу, затраченную на разрушение образца. Работу разрушения K относят к площади поперечного сечения образца S_0 в месте излома и тем самым находят KC – ударную вязкость:

$$KC = K / S_0,$$

где K измеряется в Дж (кгс·м),
 S_0 – в m^2 (cm^2).

В зависимости от вида концентратора ударная вязкость обозначается KCU , KCV , KCT и имеет размерность $МДж/м^2$ ($МДж/см^2$) или $кгс·м/см^2$.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризовать типы механических испытаний.
2. Как определить твердость по Бринеллю? Каковы условия испытаний, значения твердости?
3. Как определить твердость по Роквеллу? Каковы условия испытаний, значения твердости?
4. Как определить твердость по Виккерсу? Каковы условия испытаний, значения твердости?
5. Записать единицы измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.
6. Какие методы испытаний механических свойств относят к статическим, динамическим и циклическим испытаниям?
7. Изобразить первичную диаграмму растяжения для пластичного материала.
8. Как по диаграмме растяжения определить временное сопротивление разрыву?
9. Какие построения необходимо провести на диаграмме растяжения для определения предела текучести?
10. Какие типы образцов используют для расчета механических свойств при испытании на растяжение?
11. По каким формулам определяют временное сопротивление разрыву и предел текучести?
12. По каким формулам находят относительное удлинение и относительное сужение?
13. Какие характеристики вычисляют при испытании на ударный изгиб?
14. Какие образцы используют при испытании на ударный изгиб?

15. Чем различается ударная вязкость, обозначаемая KCU , KCV, KCT?

Задание по самостоятельной работе

Определить механические характеристики по результатам испытаний на растяжение и ударный изгиб образцов из алюминиевых сплавов и инструментальных сталей.

ТЕМА 1.3 ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: Маркировка цветных металлов

Цель работы: изучение классификации сталей, определение их марок и области применения

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал
2. Расшифровать марки конструкционных материалов, приведенные в таблице.

Указать примерное назначение материала. Вариант выдается преподавателем.

№ варианта	Марки конструкционных материалов
1	АМг3, МООб, ВТ1-00, МЛ3
2	АЛ19, БрА9Мц2Л, ВТ1-0, МЛ4
3	А6, БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, ОТ4-0, МА1
4	АДОЕ, БрО4Ц7С5, ОТ4-1, МА2
5	АЛ33, БрОФ4-0,25; ОТ-4, МЛ19
6	АМц, ЛС63-2, ВТ5, МЛ15
7	Д16, ЛА77-2, ВТ9, МА18
8	АЛ25, М2р, ВТ14, МА15
9	А8, БрСу3Н3Ц3С20Ф, ВТ16, МЛ5
10	АЛ21, ЛЦ40Мц3А, ВТ20, МА17
11	АК4М4, ЛЖМц59-1-1, ВТ22, МЛ6
12	Д12, ЛС59-1, ПТ-7М, МЛ10
13	А5Е, Л68, ПТ-3В, МА12
14	АЛ2, БрАЖН10-4-4, ВТ9, МА11
15	АК9, БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, ВТ5, МЛ8
16	АМг6, БрА9Ж4Н4Мц1, ВТ1-0, МА21
17	Д16, ЛЦ23А6Ж3Мц2, ВТ16, МЛ19
18	АЛ23, ЛАМш77-2-0,05; ВТ5, МА18
19	Д18, БрОФ6,5-0,15; ВТ1-00, МА19
20	АК4М4, ЛК80-3, ВТ22, МЛ8
21	АК7, БрКМц3-1, ВТ20, МЛ12
22	АЛ9, БрО6Ц6С3, ПТ-3В, МА2
23	АМг2, ЛЦ38Мц2с2, ВТ3, МЛ4
24	АДО, БрАЖНМц9-4-4-1, ВТ14, МА20
25	А7, ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5; ВТ9, МЛ9

Ход работы

Теоретический материал

Классификация и маркировка цветных металлов и сплавов

1. Алюминий и алюминиевые сплавы

Алюминий – металл серебристо-белого цвета в изломе, легкий (имеет малую плотность $2,7 \text{ г/см}^3$), обладает высокими тепло- и электропроводностью, стоек к коррозии, пластичен, хорошо обрабатывается методами пластического деформирования, хорошо сваривается всеми видами сварки, плохо поддается обработке резанием (малая

прочность).

В зависимости от степени чистоты алюминий согласно ГОСТ 11069-74 бывает особой (А999), высокой (А995, А95) и технической чистоты (А85, А7Е, АО и др.).

Алюминий маркируют буквой «А» и цифрами, обозначающими доли процента свыше 99,0% алюминия. Буква "Е" обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния.

Примеры:

А999 – алюминий особой чистоты, в котором содержится не менее 99,999% алюминия;

А5 – алюминий технической чистоты, в котором 99,5% алюминия. Алюминиевые сплавы разделяют на **деформируемые** и **литейные**. Те и другие могут быть **не упрочняемые** и **упрочняемые термической обработкой**.

Деформируемые алюминиевые сплавы хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой. Их марки приведены в ГОСТ 4784-74. К деформируемым алюминиевым сплавам, не упрочняемым термообработкой, относятся сплавы системы алюминий-марганец (Al–Mn) и алюминий-магний (Al–Mg): АМц; АМг1; АМг4,5; АМг6. Аббревиатура включает в себя начальные буквы, входящих в состав сплава компонентов, и цифры, указывающие содержание легирующего элемента в процентах.

К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относятся сплавы системы Al–Cu–Mg с добавками некоторых элементов (дуралюмины, кованые сплавы), а также высокопрочные и жаропрочные сплавы сложного хим. состава. Дуралюмины маркируются буквой "Д" и порядковым номером, например: Д1, Д12, Д18, АК4, АК8.

Чистый деформируемый алюминий обозначается буквами "АД" и условным обозначением степени его чистоты: АДОч (не менее 99,98% Al), АДООО (не менее 99,80% Al), АДО (99,5% Al), АД1 (99,30% Al), АД (не менее 98,80% Al).

Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685-75) обладают хорошей жидкотекучестью, имеют сравнительно не большую усадку и предназначены в основном для фасонного литья. Эти сплавы маркируются буквами "АЛ" с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9, АЛ13, АЛ22, АЛ30.

Иногда маркируют по составу: АК7М2; АК21М2,5Н2,5; АК4МЦ6. В этом случае "М" обозначает медь, "К" – кремний, "Ц" – цинк, "Н" – никель; цифра – среднее % содержание элемента.

Из алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113-78) изготавливают подшипники и вкладыши, как литьем, так и обработкой давлением. Такие сплавы маркируют буквой "А" и начальными буквами входящих в них элементов: А09-2, А06-1, АН-2,5, АСМТ. В первые два сплава входят в указанное количество олова и меди (первая цифра-олово, вторая-медь в %), в третий – 2,7-3,3% Ni и в четвертый – медь сурьма и теллур.

2. Медь и медные сплавы

Медь – металл красного, в изломе розового цвета, тяжелый (имеет плотность 8,94 г/см³), обладает высокими пластичностью и коррозионной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью.

В зависимости от чистоты медь подразделяют на марки (ГОСТ 859-78): МВЧк (99,993% Cu+Ag), МОО (99,99% Cu+Ag), МО (99,95% Cu+Ag), М1 (99,9% Cu+Ag), М2 (99,7% Cu+Ag),

После обозначения марки указывают способ изготовления меди: к – катодная, б – бескислородная, р – раскисленная. Медь огневого рафинирования не обозначается:

МООк – технически чистая катодная медь, содержащая не менее 99,99% меди и серебра.

МЗ – технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5%

меди и серебра.

Различают две основные группы медных сплавов:

- **бронзы** – это сплавы меди с оловом (4-33% Sn, хотя бывают без оловянные бронзы), свинцом (до 30% Pb), алюминием (5-11% Al), кремнием (4-5% Si), сурьмой и фосфором (ГОСТ 493-79, ГОСТ 613-79, ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78);

- **латуни** – сплавы меди с цинком (до 50% Zn) и небольшими добавками алюминия, кремния, свинца, никеля, марганца (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80).

Медные сплавы, предназначенные для изготовления деталей методами литья, называют **литейными**, а сплавы, предназначенные для изготовления деталей пластическим деформированием – сплавами, **обрабатываемыми давлением**.

Принята следующая маркировка медных сплавов. Сплавы обозначают буквами «Бр» (бронза) или «Л» (латунь), после чего следуют первые буквы названий основных элементов, образующих сплав, и цифры, указывающие количество элемента в процентах. Приняты следующие обозначения компонентов сплавов:

А – алюминий	Мц – марганец	Су – сурьма
Б – бериллий	Мш – мышьяк	Т – титан
Ж – железо	Н – никель	Ф – фосфор
К – кремний	О – олово	Х – хром
Кд – кадмий	С – свинец	Ц – цинк
Мг – магний	Ср – серебро	

Примеры:

БрА9Мц2Л – бронза литейная, содержащая 9% алюминия, 2% марганца, остальное медь ("Л" в конце марки указывает, что сплав литейный) ;

ЛЦ30А – латунь, содержащая 30% цинка, ~1% алюминия, остальное медь;

Бр0Ф8,0-0,3 – бронза, наряду с медью содержащая 8% олова и 0,3% фосфора;

ЛАМш77-2-0,05 – латунь, содержащая 77% меди, 2% алюминия, 0,05% мышьяка, остальное цинк (в обозначении латуни, предназначенной для обработки давлением, первое число указывает на содержание меди).

В несложных по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди:

Л96 – латунь, содержащая 96% меди и 4% цинка (томпак);

Л63 – латунь, содержащая 63% меди и 37% цинка.

3. Титан и его сплавы

Титан – металл серого цвета, тугоплавкий, с невысокой плотностью (4,505 г/см³). Удельная прочность титана выше, чем у многих легированных конструкционных сталей, поэтому при замене сталей титановыми сплавами можно при равной прочности уменьшить массу детали на 40%. Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна. Для получения сплавов с улучшенными свойствами его легируют алюминием, хромом, молибденом.

Титан и его сплавы (ГОСТ 19807-74) маркируют буквами "ВТ" и порядковым номером: ВТ1-00, ВТ3-1, ВТ4, ВТ8, ВТ14.

Пять титановых сплавов обозначены иначе: ОТ4-0, ОТ4, ОТ4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

4. Магний и его сплавы

Магний – металл светло-серого цвета. Среди промышленных металлов магний обладает наименьшей плотностью (1,74 г/см³). Магний и его сплавы неустойчивы против коррозии, при повышении температуры магний интенсивно окисляется и даже самовоспламеняется. Он обладает малой прочностью и пластичностью, поэтому как конструкционный материал чистый магний не используется. Для повышения химико-

механических свойств в магниевые сплавы вводят алюминий, цинк, марганец и другие легирующие добавки.

Магниевые сплавы подразделяют на **деформируемые** (ГОСТ 14957-76) и **литейные** (ГОСТ 2856-79). Первые маркируются буквами "МА", вторые "МЛ". После букв указывается порядковый номер сплава в соответствующем ГОСТе.

Например:

МА1-деформируемый магниевый сплав № 1;

МЛ19-литейный магниевый сплав № 19.

Назначение конструкционных материалов

Рассмотренные конструкционные материалы используются во многих отраслях нефтегазовой, химической и автомобильной промышленности. Примерное назначение приведено в таблице.

Наименование	Примеры марок	Назначение
Деформируемые алюминиевые сплавы систем Al-Mn, Al-Mg	АМц, АМцС, АМг1, АМг4, АМг5, АМг6	Для сварных емкостей, для деталей, работающих в агрессивных средах; для трубопроводов, заклепок.
Дуралюмины	Д1, Д16	Лонжероны, шпангоуты, тяги, заклепки и др. детали самолетов.
Алюминиевые литейные сплавы	АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ8, АЛ19	Для ответственного литья: ползунов, шкивов, роторов вентиляторов, тонкостенного литья; корпуса и арматура приборов и т.д.
Бронзы оловянные	БрОЦСНЗ-7-5-1, БрОЦС5-5-5	Вкладыши тяжело нагруженных подшипников скольжения, деталей арматуры и т.п.
Бронзы безоловянные	БрАЖ9-4, БрБ2	Для ответственных пружин, мембран, пружинящих контактов, фланцев, шестерен и т.д.
Латуни	Л62, Л98, ЛАМш77-2-0,05	Прутки, проволока, детали арматуры, работающие в морской воде и т.д.
Деформируемые магниевые сплавы	МА5	Для изготовления различных деталей в авиационной промышленности
Литейные магниевые сплавы	МЛ19	Для высоконагруженных деталей авиационной промышленности: картеры, корпуса приборов, фермы шасси и т.п.
Титановые сплавы	BT5	Для изготовления деталей самолетов, в химическом машиностроении и т.п.

ТЕМА 2.1 АВТОМОБИЛЬНЫЕ БЕНЗИНЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: Определение эксплуатационных показателей автомобильных топлив

Цель работы: изучить эксплуатационные показатели автомобильных топлив

Задание:

1. Изучить теоретический материал
2. Составить по данному материалу вопросы
3. Выступить по данному материалу перед аудиторией
4. Зачитать основные понятия для записи их в тетради
5. Задать вопросы, выставить оценки
6. Время на подготовку – 10 минут, время выступления – 5 минут

Эксплуатационные свойства нефтяных топлив

Под эксплуатационными свойствами понимают объективные особенности топлива, которые проявляются в процессе его применения. В понятие «применение» включены все процессы, происходящие в топливе с момента его производства до сгорания.

Процессу сгорания топлива предшествуют процессы его испарения, воспламенения и другие. Характер поведения топлива в каждом процессе и составляет суть его эксплуатационных свойств.

По рекомендации стандарта рассматривают и оценивают следующие эксплуатационные свойства топлив:

1. **Испаряемость** характеризует способность топлива переходить из жидкого состояния в парообразное. Это свойство формируется из таких показателей качества, как фракционный состав, давление насыщенных, поверхностное натяжение и т.д. Испаряемость определяет технико-экономические и эксплуатационные характеристики ДВС.

2. **Воспламеняемость** характеризует особенности процесса воспламенения смесей паров топлива с воздухом. Оценка этого свойства базируется на таких показателях качества, как температура вспышки, температура самовоспламенения и др. Показатель воспламеняемости имеет такое же значение, как и горючесть топлива.

3. **Горючесть** определяет эффективность процесса горения топливовоздушной смеси в камерах сгорания.

4. **Прокачиваемость** характеризует поведение топлива при перекачках его по трубопроводам и топливным системам, а также при его фильтровании. Это свойство определяет бесперебойность подачи топлива в двигатель при разных температурах эксплуатации. Прокачиваемость оценивают вязкостно-температурными свойствами, температурами помутнения и застывания, предельной фильтруемостью, содержанием воды, механических примесей и др.

5. **Склонность к образованию отложений** – это способность топлива образовывать отложения различного рода в камерах сгорания, в топливных системах, на выпускных и впускных клапанах. Имеются в виду отложения, образующиеся как при низких температурах в системах питания и смесеобразования, так и нагар, получающийся при высоких температурах в процессе сгорания топлива. Оценка этих свойств базируется на таких показателях качества топлива, как зольность, коксуемость, содержание смолистых веществ, непредельных углеводородов и т.д.

6. **Коррозионная активность и совместимость с неметаллическими материалами** характеризует способность топлива вызывать коррозионные поражения металлов, набухание, разрушение или изменение свойств резины, герметиков и других

материалов. Это свойство предусматривает количественную оценку содержания в топливе коррозионно-активных веществ, испытание стойкости металлов, резины и герметиков при контакте с топливом.

7. **Защитная способность** – это способность топлива защищать от коррозии материалы при их контакте с агрессивной средой в присутствии топлива и в первую очередь защищать металлы от электрохимической коррозии при попадании воды.

8. **Противоизносные свойства** характеризуют уменьшение изнашиваемости трущихся поверхностей в присутствии топлива. Это свойство имеет важное значение для двигателей, у которых топливные насосы и топливо-регулирующая аппаратура смазываются только самим топливом без подачи смазочного материала. Свойство оценивается показателями вязкости и самосмазывающей способностью.

9. **Охлаждающая способность** определяет способность топлива поглощать и отводить тепло от нагретых поверхностей. Свойство имеет значение в тех случаях, когда топливо применяют для охлаждения масла (топливо-маслянные радиаторы) или наружной обшивки летательных аппаратов при больших скоростях полёта. Оценка свойства базируется на таких показателях качества, как теплоёмкость и теплопроводность.

10. **Стабильность** характеризует сохраняемость показателей качества при хранении и транспортировке. Это свойство оценивает физическую и химическую стабильность топлива и его склонность к биологическому поражению бактериями, грибами и плесенью. Уровень этого свойства позволяет установить гарантийный срок хранения топлива в различных климатических условиях.

11. **Экологические свойства** характеризуют воздействие топлива и продуктов его сгорания на человека и окружающую среду. Оценка этого свойства базируется на показателях токсичности топлива и продуктов его сгорания и пожароопасности.

В зависимости от вида топлива и его назначения значимость того или иного эксплуатационного свойства может быть больше или меньше.

Испаряемость

Процессу сгорания топлива в двигателе предшествует его испарение и образование смеси паров топлива с кислородом в определённом соотношении. При полном сгорании углеводородов топлива получают главным образом диоксид углерода и вода:



Пользуясь этими уравнениями можно посчитать, что для полного сгорания 1 кг водорода требуется 8 кг кислорода, а для сгорания 1 кг углерода 8/3 кг кислорода. Зная элементный состав топлива можно найти необходимое количество кислорода для полного сгорания 1 кг топлива, с учётом кислорода, содержащегося в топливе. В результате известно, что для сгорания 1 кг углеводородного топлива необходимо около 15 кг воздуха. Смесь такого состава называют нормальной, теоретической или стехиометрической. Избыток или недостаток воздуха в смеси характеризуют коэффициентом избытка воздуха, который рассчитывается как отношение действительной массы воздуха в смеси к теоретически необходимой для полного сгорания топлива данного состава. Для нормальной смеси $\alpha = 1$, для богатой смеси α меньше 1, для бедной α больше 1.

В современных двигателях испарение топлива и образование паровоздушной смеси может начинаться до начала процесса сгорания при относительно низких температурах и заканчиваться уже в процессе сгорания испарившейся части топлива при высоких температурах.

Давление насыщенных паров зависит от температуры и для углеводородов имеет вид показательной функции.

Нефтяные топлива представляют собой смесь углеводородов с разным давлением насыщенных паров. Поэтому в процессе испарения состав паров всегда отличается от состава жидкости. Есть определённые законы, гласящие, что в паре содержится больше того компонента, добавление которого в раствор повышает общее давление паров. В итоге

в паровой фазе над топливом концентрация низкокипящих углеводородов всегда больше, чем в жидкой фазе. Поэтому давление насыщенных паров смеси углеводородов зависит не только от температуры, но и от соотношения объемов паровой и жидкой фаз. При большом соотношении этих фаз низкокипящих углеводородов может не хватить для заполнения всей паровой фазы, поэтому увеличение паровой фазы по сравнению с объемом жидкой фазы ведёт к снижению давления насыщенных паров такой смеси углеводородов.

В процессах смесеобразования испаряющееся топливо и газовая среда движутся относительно друг друга, при этом достаточно небольшого движения воздуха, чтобы количество испаряющейся в него жидкости резко возросло.

При испарении в неподвижный воздух скорость испарения определяется скоростью диффузии паров в окружающее пространство. При высоких скоростях воздушного потока и турбулентном режиме его течения скорость диффузии уже не имеет решающего значения; в этих условиях скорость испарения зависит от скорости потоков и скорости движения вихрей. Испарение при этом идёт в условиях вынужденной конвекции.

Скорость испарения жидкости прямо пропорциональна поверхности испарения. Чтобы ускорить процесс смесеобразования, жидкое топливо распыляют на мельчайшие капли. Поверхность испарения, а следовательно, и скорость испарения резко возрастают.

Тонкость распыла зависит как от условий распыла (величина и форма отверстия распылителя, степень турбулизации топлива), так и от свойств топлива и в первую очередь от величины поверхностного натяжения.

Поверхностное натяжение углеводородов зависит от их строения. Наименьшее поверхностное натяжение имеют алканы, наибольшее – ароматические углеводороды. С повышением температуры поверхностное натяжение углеводородов и их смесей уменьшается. На границе двух фаз поверхностное натяжение зависит от свойств обеих фаз. Для углеводородов поверхностное натяжение на границе с воздухом примерно в 2 раза меньше, чем на границе с водой.

Испаряемость топлива оказывает значительное влияние на рабочий процесс и эксплуатационные характеристики двигателей.

Фракционным составом нефтепродуктов называют содержание в них тех или иных фракций, выраженное в объемных или массовых процентах.

Фракционный состав – один из важнейших показателей качества бензина. От фракционного состава бензина зависит пуск, длительность прогрева и приемистость двигателя, перебои в работе двигателя, вызываемые образованием паровых пробок и обледенением карбюратора, надежность работы двигателя в различных эксплуатационных условиях, расход бензина, его потери при транспортировании, хранении и перекачке и износ трущихся деталей двигателя.

Бензины представляют собой сложную смесь углеводородов, обладающих различной испаряемостью, а следовательно, выкипающих не при одной постоянной температуре, а в широком диапазоне температур. Автомобильные бензины выкипают при температуре 35–205°C. Фракционный состав оценивается по температурным пределам его выкипания и по температуре выкипания его отдельных частей фракций.

Оцениваются следующие температурные пределы фракций: температура начала кипения $t_{н.к.}$, температура перегонки 10, 50, 90, 96, 97,5, 98 % объема ($t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$, $t_{96\%}$, $t_{97,5\%}$, $t_{98\%}$), температура конца кипения $t_{к.к.}$, остаток в колбе. Все эти показатели в той или иной мере характеризуют поведение бензина в карбюраторном двигателе. В стандарты на бензины включены наиболее важные показатели: $t_{н.к.}$, $t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$, $t_{к.к.}$, а также остаток в колбе и потери при разгонке.

Согласно ГОСТ 2084–77 у товарных автомобильных бензинов летнего вида $t_{50\%}$ должна быть не более 115°C, а зимнего вида – 100°C (для АИ-95 – 120 и 105°C соответственно).

Температура перегонки 90% и конца кипения бензина характеризует полноту сгорания бензина и его расход. От $t_{90\%}$ и $t_{к.к.}$ зависит разжижение картерного масла и нагароотложение в камере сгорания двигателя. При высоких значениях температур бензин не успевает полностью испариться во впускном трубопроводе двигателя и поступает в цилиндры двигателя в жидком виде. Это приводит к смыванию смазки с трущихся поверхностей и повышенному износу деталей. Кроме того, плохо испарившееся топливо медленно и недостаточно полно сгорает, что приводит к увеличению нагароотложения в камере сгорания двигателя.

Для автомобильных бензинов летнего сорта $t_{90\%}$ должна быть не выше 180°C , а зимнего вида – 160°C . Конец кипения бензинов летнего вида марки А-76 (АИ-80) должен быть не выше 195°C , а зимнего – 185°C . Для бензина марок АИ-91, АИ-93 и АИ-95 согласно ГОСТ 2084–77 конец кипения не выше 205°C для летнего и не выше 195°C для зимнего.

Процесс испарения топлива в дизельных двигателях начинается после его впрыска в камеру сгорания и продолжается до его сгорания. Испарение происходит за короткое время – $20\text{--}40^{\circ}$ поворота коленчатого вала или за $0,001\text{--}0,004$ с.

Фракционный состав оценивается температурами выкипания $t_{50\%}$ и $t_{90\%}$. Температура $t_{50\%}$ характеризует пусковые свойства дизельных топлив. Для летних дизельных топлив $t_{50\%}=260\text{--}280^{\circ}\text{C}$, для зимних $t_{50\%}=240\text{--}260^{\circ}\text{C}$, а температура $t_{90\%}=330\text{--}360^{\circ}\text{C}$.

От испаряемости дизельного топлива зависит обеспечение быстрой подготовки и эффективного сгорания горючей смеси. Для этого оно должно содержать лёгкие, средние и тяжёлые фракции нефти в оптимальных соотношениях. Чем выше быстроходность двигателя, тем меньше времени отводится для подготовки рабочей смеси, тем выше должна быть испаряемость и топливо должно содержать большее количество лёгких фракций. Топливо более тяжёлого фракционного состава требует для сгорания большего количества воздуха.

Тяжёлые топлива с плохой испаряемостью снижают полноту сгорания, вызывают ухудшение топливной экономичности дизеля, повышение дымления, увеличение образования отложений в камере сгорания, повышенный износ цилиндропоршневой группы, разжижение моторного масла и образование низкотемпературных отложений. С другой стороны значительное облегчение фракционного состава при прочих равных условиях ухудшает пусковые свойства топлив, особенно при низких температурах, т.к. при увеличении количества паров на их прогрев затрачивается большое количество теплоты.

Воспламеняемость и горючесть

Процессы воспламеняемости и сгорания обуславливают полноту использования химической энергии топлива. Сгорание топлива – это комплекс физико-химических превращений смеси горючего и окислителя, главная роль в котором принадлежит реакции окисления.

Сгорание развивается в условиях резко изменяющихся температур и концентраций взаимодействующих веществ. Температура при горении углеводородно-воздушной смеси изменяется в довольно широких пределах и достигает 2000°C .

В процессе горения одновременно могут протекать разные стадии реакций предпламенного окисления и горения, детальное изучение которых затруднено. Например, испарение жидкого топлива, смешение его паров с воздухом, при этом необходимая для испарения теплота приводится из зоны горения. Законченной теории горения пока не создано. Химизм сгорания углеводородов и их смесей изучен недостаточно. Однако накоплен огромный экспериментальный материал, который наряду с имеющимися теориями позволяет во многих случаях управлять процессом горения,

вести инженерные расчёты тепловых двигателей и разрабатывать мероприятия по повышению эффективности использования топлив.

При изучении сгорания топлива разграничивают два процесса: процесс воспламенения (инициирования горения) и процесс распространения пламени.

Для воспламенения горючей смеси необходимо подвести определённое количество энергии, достаточное для того, чтобы в некотором объёме смеси обеспечить такие начальные скорости химических реакций, при которых тепловыделение начинает превышать скорость отвода тепла от реагирующей смеси в стенки или в окружающую более холодную смесь. Воспламенение возможно самопроизвольное (самовоспламенение) или принудительное зажигание. В поршневых двигателях используют оба способа.

Самовоспламенение осуществляется при таких условиях, когда в отдельных местах камеры сгорания в горючей смеси начинают развиваться прогрессивно самоускоряющиеся реакции окисления углеводородов, завершающиеся возникновением пламени. Необходимая для таких реакций энергия подводится за счёт сильного сжатия воздуха, в который впрыскивается топливо.

Зажигание – это местное нагревание горючей смеси до высокой температуры. Искровой разряд в системе зажигания двигателя позволяет практически мгновенно нагреть газ в искровом канале до температуры выше 10000°C . При такой температуре воспламенение некоторого объёма смеси происходит практически мгновенно. Однако для поддержания горения (распространения фронта пламени) количество энергии должно быть достаточным.

В отличие от воспламенения процесс распространения пламени идёт спонтанно, без внешнего воздействия на горючую смесь. Очередные слои или объёмы горючей смеси воспламеняются за счёт энергии, выделяющейся при сгорании предшествующих порций той же смеси.

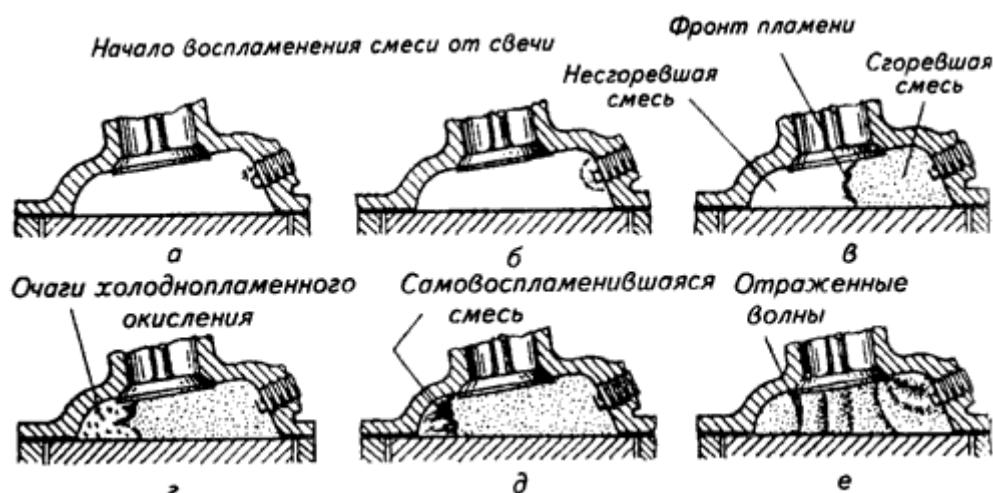
Процессы распространения пламени различают по способам передачи энергии от горящих слоёв в свежую смесь: диффузионно-цепное и тепловое распространение пламени.

Скорость распространения пламени зависит от давления, температуры, коэффициента избытка воздуха. Поэтому все меры, направленные на повышение давления и температуры в камере сгорания, приводят к увеличению распространения фронта пламени, к увеличению скорости сгорания. Нормальная скорость 20...40 м/с. Максимальное значение скорости происходит при $\alpha = 0,9$. При обогащении или обеднении смеси скорость распространения фронта пламени уменьшается. Это происходит из-за нехватки кислорода при обогащении или за счёт расхода большого количества тепла на нагревание избытка воздуха при обеднении.

Детонационное сгорание.

При нормальном сгорании бензина скорость распространения пламени составляет 25...35 м/с. При определенных условиях сгорание может стать взрывным, детонационным, при котором пламя распространяется со скоростью 1500...2500 м/с. Образующиеся при этом детонационные волны многократно отражаются от стенок цилиндра, вызывая резкие звонкие металлические звуки, вибрацию двигателя, периодически возникающий черный дым и желтое пламя в выпускных газах. Мощность двигателя падает, его детали перегреваются. В результате перегрева увеличивается износ деталей, появляются трещины, выгорают поршни и клапаны.

Детонационное сгорание бензина связано с образованием и распадом первичных продуктов окисления углеводородов – пероксидов, которые представляют собой очень непрочные, легко разлагающиеся вещества, обладающие большой избыточной энергией. Чем выше температура, тем выше скорость окисления углеводородов. На рисунке 11 показана схема детонационного сгорания бензина в двигателе.



а – зажигание смеси искрой свечи; б – формирование очага горения; в – движение фронта пламени при нормальном сгорании; г – образование очагов холоднопламенного окисления в несгоревшей смеси; д – образование детонационной волны; е – движение отраженных волн

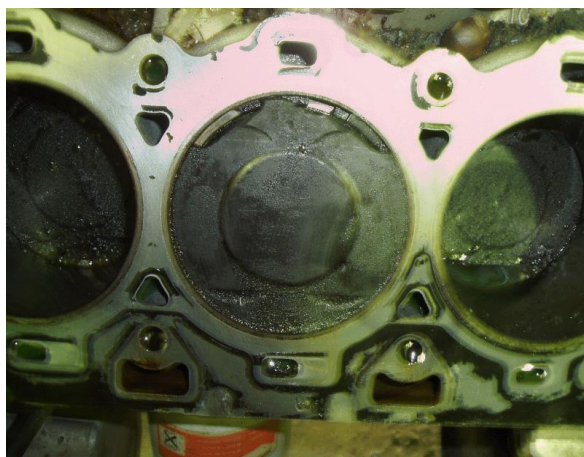
Рисунок 11 – Схема детонационного сгорания бензина в двигателе

При такте сжатия свежая топливная смесь смешивается с остаточными газами. Поршень перемещается от нижней мертвой точки к верхней мертвой точке при закрытых впускном и выпускном клапанах, сжимая рабочую смесь. По мере уменьшения объема рабочей смеси ее давление и температура повышаются. В конце такта сжатия давление составляет 1,0...1,7 МПа, а температура – 330...340°С. Скорость окисления углеводородов также повышается, особенно после воспламенения рабочей смеси.

По мере ее сгорания температура и давление в несгоревшей части рабочей смеси увеличиваются, что способствует образованию большого количества пероксидов. Однако если в состав бензина входят углеводороды, не образующие большого количества пероксидов, то их концентрация не достигает критических значений и сгорание заканчивается нормально.

Если в последних порциях рабочей смеси образуется много пероксидов, то концентрация их достигает критического значения и происходит взрывной распад, цепочно-тепловой взрыв, самовоспламенение смеси. Сгорание рабочей смеси идет с большой скоростью и резким повышением давления, возникает ударная волна, перемещающаяся по камере со сверхзвуковой скоростью. Ударная волна стимулирует воспламенение соседних слоев рабочей смеси.

При детонации значительно повышается отдача теплоты газов стенкам камеры сгорания. Двигатель перегревается, происходит разрушение поверхности камеры сгорания, днища поршня и антифрикционного слоя латунных подшипников. Прокладки между блоком цилиндров и головкой прогорают. Повышается износ поршневых колец и зеркала цилиндра, так как детонационные волны, многократно отражаясь от поверхности цилиндров, снимают с них слой смазочного материала (масла). Часть бензина и продуктов неполного сгорания перемешивается внутри камеры сгорания с продуктами полного сгорания и не сгорает. Поэтому снижается мощность двигателя, повышается расход бензина, увеличивается дымность и появляется пламя в выпускных газах. Последствия детонации изображены на рисунке 12.



Поршень, поврежденный детонацией



Клапан,
поврежденный детонацией



Свеча
зажигания,
поврежденная
детонацией

Рисунок 12 – Детали, поврежденные детонацией

На возникновение и интенсивность детонации влияют как конструкционные, так и эксплуатационные факторы. К конструкционным факторам относятся степень сжатия рабочей смеси, диаметр цилиндров двигателя, форма камеры сгорания, материал головки и поршней, место расположения свечей и др.

При увеличении степени сжатия возрастают давление и температура рабочей смеси. Следовательно, чем выше степень сжатия, тем значительнее детонация. В двигателе с большим диаметром цилиндров при других одинаковых условиях детонация усиливается вследствие ухудшения условий охлаждения камеры сгорания и повышения в связи с этим температуры рабочей смеси.

Форма камеры сгорания должна быть компактной, без мест пена и поверхностей, значительно удаленных от свечей зажигания. В бензиновых двигателях широко применяют головки цилиндров с клиновидной камерой сгорания и двусторонним размещением клапанов. Изготавливая головки и поршни из алюминиевых сплавов, а не из чугуна, можно существенно улучшить отвод теплоты из камеры сгорания и снизить температуру рабочей смеси, а, следовательно, и детонацию.

С целью предотвращения детонации свечи зажигания помещают вблизи нагретой зоны у выпускного клапана. При этом в первую очередь воспламеняется более нагретая часть рабочей смеси. В некоторых двигателях свечи располагают наклонно сбоку в углублении – наиболее нагретом месте стенки головки цилиндра.

К эксплуатационным факторам относятся угол опережения зажигания, частота вращения коленчатого вала, температура и влажность окружающего воздуха, состав топливной смеси, количество отложений на поршневой группе, температура охлаждающей жидкости и т. д. С уменьшением угла опережения зажигания детонация в двигателе значительно снижается или полностью исчезает. Это происходит в связи с сокращением времени на развитие процесса детонации и снижением температуры и давления газов в цилиндре во время рабочего хода поршня.

Высокая влажность воздуха также приводит к снижению детонации. В летний период при высоких температурах окружающего воздуха детонация проявляется в большей степени, чем зимой. Работа двигателя как на бедных, так и на богатых топливных смесях сопровождается снижением детонации. Нагар на днище поршня увеличивает степень сжатия и тем самым способствует детонации. Образование нагара в зоне

поршневых колец затрудняет отвод теплоты, повышает температуру поршня и газов в камере сгорания и также способствует детонации.

На процесс сгорания в двигателе существенно влияет и температура охлаждающей жидкости. С ее увеличением ухудшается отвод теплоты от стенок цилиндра, повышается температура рабочей смеси в камере сгорания и детонация. При несоблюдении правил технического обслуживания системы охлаждения в рубашке двигателя образуется накипь, имеющая низкую теплопроводность, в результате чего повышается температура цилиндропоршневой группы и рабочей смеси, что приводит к возникновению детонации.

Октановое число (ОЧ).

Мерой ДС бензинов является ОЧ.

Октановое число – это процентное (объемное) содержание изооктана в смеси с нормальным гептаном (сравнительная смесь), которая по своим антидетонационным свойствам аналогична испытываемому топливу.

Определяют ОЧ на установках УИТ-65 и УИТ-85 двумя методами, отличающимися режимом работы этого специального одноцилиндрового двигателя с переменной степенью сжатия от 4 до 10. Интенсивность детонации замеряют и регистрируют детонометром. **Моторный метод** – это форсированный режим работы с большой и длительной нагрузкой (междугородное движение). **Исследовательский метод** – меньшие нагрузки характерные для городского цикла. ОЧ, найденное исследовательским методом, несколько выше, чем ОЧ, определённого моторным методом. Разница в ОЧ бензина называется «**чувствительностью**». Чувствительность зависит от химического состава бензина: наибольшая у олефинов (алкенов, одна двойная связь), несколько меньше у ароматических углеводородов, затем идут нафтенy (циклоалканы) и самая низкая у парафинов (алканы).

Пути повышения ДС. По ДС определяют необходимое соотношение компонентов в товарных бензинах. Высокая ДС достигается тремя основными способами:

- использование в качестве базы наиболее высокооктановых вторичных продуктов переработки нефти или увеличение их доли в товарных бензинах;
- использование высокооктановых компонентов в товарных бензинах;
- применение антидетонационных присадок.

Используются все три. Товарные бензины готовят смешением компонентов, полученных прямой перегонкой, крекингом, риформингом, коксованием, алкилированием, полимеризацией, изомеризацией и другими способами переработки нефти и нефтяных фракций.

1. Бензины прямой перегонки имеют большое количество алканов с низким ОК и используют их в небольшом объёме для получения А-76.

Компоненты, полученные термическим методом (большое количество алкенов [олефинов], ДС у которых выше, чем у n-алканов), добавляют только в автомобильные бензины.

Бензины, полученные каталитическим крекингом, имеют более высокую ДС, чем бензины термического крекинга. Это обусловлено повышенным содержанием в них изоалканов и ароматических углеводородов. Их используют как базовые для приготовления товарных высокооктановых бензинов.

В процессе каталитического риформинга получают бензины с высокой ДС за счёт ароматизации и частичной изомеризации углеводородов. В них до 70 % содержатся ароматические углеводороды. Их так же используют в качестве базовых для получения высокооктановых бензинов. Причём не только дистиллят, но и отдельные фракции, оставшиеся после извлечения индивидуальных ароматических углеводородов.

2. Для улучшения тех или иных характеристик базовых бензинов применяют высокооктановые компоненты. К высокооктановым компонентам относятся изооктан, алкилбензин, толуол, изопентан. При добавлении 15...40% высокооктановых

компонентов к базовым сортам топлива получают бензины с более высокой детонационной стойкостью.

3. Наиболее эффективным и экономически выгодным способом повышения детонационной стойкости бензинов является введение антидетонаторов. Эти вещества обладают способностью при добавлении в бензин в небольшой концентрации резко повышать его детонационную стойкость. Действие антидетонаторов заключается в обрыве цепных реакций образования пероксидов.

Сюда относятся алкилсвинцовые антидетонаторы (в первую очередь тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$, а затем тетраметилсвинец $Pb(CH_3)_4$), кислородосодержащие соединения (спирты, метил-трет-бутиловый эфир).

Бензины с добавлением этиловой жидкости, содержащей тетраэтилсвинец, называют этилированными. Так как этиловая жидкость ядовита, то бензины окрашивают.

Применение этилированных бензинов вызывает освинцовывание деталей камеры сгорания (рисунок 13), а также приводит к выходу из строя каталитических нейтрализаторов выхлопных газов.



Рисунок 13 – Отложение свинца на свече зажигания

Значительным вкладом в решение проблемы сокращения производства этилированных бензинов в России является замена токсичных антидетонаторов на значительно менее токсичные антидетонационные присадки, такие, как метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) – $CH_3OC_4H_9$.

Он не ядовит, отличается более высокой теплотой сгорания, хорошим смешением с бензином в любых соотношениях, не агрессивен к конструкционным материалам. При введении МТБЭ в бензин в количестве 11% на 10-12 °С снижается температура холодного запуска двигателя. При добавке 10% МТБЭ октановое число бензинов повышается на 2,1-5,8 ед. (по исследовательскому методу), а при добавке 20% – на 4,6-12,6 ед.

Ряд предприятий вырабатывают МТБЭ (ТУ 38.103704-90) или смесь на его основе под названием "фетерол" (ТУ 301-03-130-93). Максимально допустимое содержание МТБЭ или фетерола в отечественных бензинах составляет 15%.

В качестве антидетонационных присадок предполагается применение композиций, содержащих марганец и железо в виде циклопентадиенилтрикарбонил марганца (ЦТМ) и дициклопентадиенил железа (ферроцен) и его производных. На основе дициклопентадиенил железа разработана присадка "Октан-Максимум" (ТУ 6-00-05008008-002-96). Кроме того, проведены испытания автомобильных бензинов, содержащих в своем составе присадку ФК-4 (ферроценилдиметилкарбонил). Испытания показали, что введение присадки ФК-4 обеспечивает снижение вредных выбросов с отработавшими газами (по СО на 10-20%, по углеводородам – в 1,2-2,4 раза).

Так, бензины с марганцевыми антидетонаторами (ЦТМ, МЦТМ) дают повышенные отложения на поверхностях свечей зажигания и катализаторах дожигателя, снижая эффективность их работы. Кроме того, соединения марганца при вдыхании обладают нейротоксичным действием. Поэтому их применение ограничено Межведомственной комиссией МВК при Госстандарте РФ по времени (до 2001 г.) и не должно носить массовый характер.

Железосодержащие присадки (ферроцены) не токсичны, сравнительно дешевы и эффективны, но вызывают повышенный износ деталей двигателей и

нагаролакоотложения. При малых концентрациях ферроценов (до 40 мг/кг бензина) их негативное влияние на работу двигателя замедляется, но не исчезает (рисунок 14).

По черным полоскам на рыжем изоляторе искра стекает на «массу», минуя искровой промежуток:



1 – свечи A17ДВРМ (энгельсского и уфимского заводов) и RN9YC (CHAMPION)



2 – свечи WR 7 DP PLATINUM (BOSCH), платиновый электрод так же бессилен, как и стандартный



3 – боковые электроды WR 78 SUPER 4 (BOSCH) не затевают искру от камеры сгорания, но между электродами ее нет

Рисунок 14 – Отложение оксида железа на свече зажигания

Исходя из постоянно возрастающих требований к надежности и экологическим характеристикам двигателей, применение бензинов с металлосодержащими присадками можно рассматривать лишь в качестве временной альтернативы этилированным бензинам, не соответствующим по техническому уровню Европейскому стандарту EN 228.

Калильное зажигание. Рабочая смесь в конце такта сжатия готова к воспламенению, поэтому создаются условия для самопроизвольного, неуправляемого воспламенения независимо от времени подачи искры зажигания. Источником воспламенения могут служить перегретые клапана, свечи, кромки прокладок, тлеющие частички нагара и т.д. КЗ нарушает протекание процесса сгорания, снижает мощность, ухудшает топливную экономичность. КЗ принципиально отличается от ДС, хотя в условиях работы ДВС тесно переплетаются. Сгорание смеси после КЗ протекает с нормальными скоростями и может не сопровождаться детонацией. Пути борьбы с ним – улучшение конструкций камеры сгорания и введение присадок, изменяющих свойства образующегося нагара. Наиболее распространены фосфорные присадки, например, трикрезилфосфат.



Рисунок 15 – Свеча при калильном зажигании

Жёсткая работа дизеля. В дизельном двигателе воспламенение и сгорание топлива происходит иначе, чем в бензиновом. Для дизельного топлива одной из важнейших характеристик является время задержки воспламенения, оцениваемое **цетановым числом (ЦЧ)**. Определяют ЦЧ на установке ИТ-9. Цетановое число – это показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный объемному проценту цетана в эталонной смеси, которая в условиях испытания равноценна по воспламеняемости испытываемому топливу. Эталонная смесь состоит из цетана с ЦЧ=100 и метилнафталин с ЦЧ=0.

Применение топлив с ЦЧ менее 40 обычно приводит к жёсткой работе ДВС, а более 50 – к повышению удельного расхода топлива, вследствие уменьшения полноты

сгорания. ЦЧ зависит от содержания и строения углеводородов, входящих в его состав. Воспламеняемость углеводородов различных классов существенно различна. Парафины (алканы) и олефины (алкены, одна двойная связь) термически менее устойчивы, имеют высокие ЦЧ, особенно н-алканы. Углеводороды с одной или несколькими боковыми цепями обладают меньшим ЦЧ.

Для окисления ароматических углеводородов необходимы более высокая температура и большой промежуток времени, поэтому их ЦЧ невелики.

Увеличение числа углеродных атомов в молекуле ведёт к увеличению ЦЧ. ЦЧ высококипящих фракций дизельного топлива, как правило, выше ЦЧ низкокипящих фракций.

Углеводороды, имеющие высокие ЦЧ, обладают низкой детонационной стойкостью. Отсюда была выведена эмпирическая зависимость ЦЧ топлива от его ОЧ:

$$ЦЧ = 60 - ОЧ/2.$$

Чем выше ЦЧ топлива, тем ниже его ОЧ и наоборот. Поэтому добавление в дизельное топливо бензиновых фракций снижает его ЦЧ.

Для повышения ЦЧ в дизельное топливо добавляют специальные присадки. Наиболее эффективными являются некоторые пероксидные соединения и алкилнитраты. Пероксидные соединения при хранении подвергаются дальнейшему окислению и их эффективность падает, поэтому широкого применения не получили. В качестве присадки чаще используют в небольших концентрациях изопилнитрат.

ЦЧ характеризует пусковые свойства дизельного топлива: с увеличением ЦЧ пуск двигателя облегчается. Однако это справедливо для топлив, незначительно различающихся по фракционному составу. Тяжёлое топливо с высоким ЦЧ оказывается хуже по пусковым свойствам, чем лёгкое топливо с низким ЦЧ.

Прокачиваемость

Для нормальной работы двигателя необходима бесперебойная подача топлива в определённом объёме. Уменьшение подачи ведёт к обеднению топливо-воздушной смеси, снижению мощности и надёжности работы двигателя. Увеличение подачи также ухудшает нормальную работу двигателя и экономически невыгодно из-за повышенного расхода двигателя.

Нарушение подачи связано со следующими показателями качества топлива: вязкостью; образованием кристаллов льда и углеводородов; загрязнением механическими примесями, смолистыми веществами и т.д.; испарением топлива в системе подачи.

Вязкость. От вязкости топлива зависит гидравлическое сопротивление всех элементов системы питания – при увеличении вязкости гидравлическое сопротивление элементов увеличивается. Например, с понижением температуры окружающего воздуха вязкость всех жидких топлив резко возрастает. Вследствие этого гидравлическое сопротивление может настолько увеличиться, что подача топлива окажется недостаточной для нормальной работы двигателя.

Скорость нарастания вязкости топлива при его охлаждении зависит от строения и молекулярной массы, входящих в него углеводородов. При увеличении молекулярной массы всех углеводородов вязкость увеличивается, а скорость её нарастания при охлаждении становится всё больше. Из всех классов углеводородов наименьшая вязкость у алифатических углеводородов, то есть с ациклическим углеродным скелетом. Эти же углеводороды в меньшей степени изменяют свою вязкость при охлаждении. Нормальные, неразветвлённые углеводороды имеют меньшую вязкость и при охлаждении изменяют её не так резко, как разветвлённые. При этом чем больше атомом углерода в боковых цепях, тем вязкость выше и её изменения сильнее. У алифатических углеводородов с двойной связью в молекуле вязкость меньше.

Ароматические углеводороды в молекуле повышают вязкость и ухудшают вязкостно-температурную характеристику, делая её кривую более крутой. Бициклические углеводороды (два цикла в молекуле) при одинаковой молекулярной массе с моноциклическими имеют более высокую вязкость и более резкое её изменение с понижением температуры.

Из жидких топлив наименьшую вязкость и самую пологую вязкостно-температурную характеристику имеют бензины. Гидравлическое сопротивление системы питания при прокачке бензина с понижением температуры растёт незначительно и практически не влияет на работу двигателя. Однако и изменение вязкости бензина также влияет на работу двигателя: чем ниже вязкость, тем больше подача бензина и тем больше расход топлива.

Образование в топливе кристаллов воды. При температуре окружающего воздуха 20° С содержание воды в топливе незначительно – не более 0,02...0,03 %. При положительных температурах окружающего воздуха такое содержание воды не влияет на их эксплуатационные свойства.

Однако с понижением температуры окружающего воздуха ниже 0° С растворимость воды в топливе уменьшается, появляется её избыток и если этот избыток воды не успевает перейти в воздух, образуются мелкие капли, превращающиеся в кристаллы льда. Такие условия создаются в топливных баках. Эти кристаллы задерживаются в фильтрующих элементах, что в начале ведёт к частичной, а затем к полной забивке фильтров и прекращении подачи топлива. В большой степени это явление зависит от растворимости воды в топливе.

Наибольшая растворяющая способность по отношению к воде у ароматических углеводородов. С увеличением молекулярной массы и разветвлённостью молекулы растворимость воды в ароматических углеводородах уменьшается. Алкены (непредельные углеводороды, олефины) растворяют воды значительно больше, чем алканы (наиболее насыщенные углеводороды, парафины) и циклоалканы (предельные углеводороды, нафтены). При увеличении молекулярной массы парафинов и нафтенных растворимость воды в них снижается, однако не так резко, как у ароматических углеводородов. В смесях растворимость воды изменяется аддитивно, то есть суммируется.

Для топлив, мало различающихся по фракционному составу, растворимость воды тем выше, чем больше в них содержится ароматических углеводородов. При равном содержании ароматических углеводородов в разных топливах растворимость воды уменьшается с утяжелением их фракционного состава.

Содержание воды в топливе зависит и от влажности воздуха, и чем выше влажность, тем выше содержание воды в топливе. При этом вода переходит из воздуха в топливо и обратно очень быстро, так как находится в топливе в молекулярном состоянии. Из воздуха вода переходит в топливо гораздо быстрее, чем из жидкой фазы.

Кристаллы льда образуются в топливе не только за счёт замерзания капель избыточной воды, но и за счёт перехода в топливо инея со стенок сосудов, ёмкостей, баков. Стенки охлаждаются быстрее, чем само топливо и воздух над ним. В результате пары воды конденсируются на стенках и образуется иней, который либо переходит в топливо, либо просто осыпается или смывается.

Для борьбы с кристаллами льда разработаны конструктивные и физико-химические способы.

Конструктивные способы заключаются в подогреве топлива в системе питания или впрыскивании на фильтр специальных жидкостей, растворяющих воду.

К физико-химическим способам борьбы со льдом относятся специальные присадки, вводимые в товарное топливо. Они способны не только предотвращать кристаллообразование льда, но и растворять ранее образовавшиеся кристаллы. Они увеличивают растворимость воды в топливах и сами хорошо растворяются как в топливе, так и в воде.

Образование кристаллов углеводородов. В состав топлив входят с разной температурой кристаллизации. В топливе они находятся в растворённом состоянии и при понижении температуры, их растворимость уменьшается, и они выпадают в виде кристаллов. Такая температура называется *температурой помутнения*. При дальнейшем понижении температуры кристаллы углеводородов «срачиваются» образуя каркас. При этом топливо теряет подвижность, а температура называется *температурой застывания*. Считается, что температура помутнения топлива характеризует фильтруемость топлив при низкой температуре, а температура застывания – прокачиваемость.

Растворимость отдельных углеводородов в топливах и температуры выпадения кристаллов зависят от строения углеводородов и состава топлива. Как правило, температура кристаллизации всех углеводородов повышается с увеличением молекулярной массы, а следовательно, и температура кипения. В большой степени температура кристаллизации зависит от строения углеводородов. Самую высокую температуру кристаллизации имеют нормальные алканы (парафины с неразветвлённым углеродным скелетом). С увеличением длины скелета температура кристаллизации повышается. У изомеров алканов (разветвлённый углеродный скелет) температура кристаллизации понижается. Олефины (алкены, ненасыщенные углеводороды) имеют более низкую температуру кристаллизации, чем соответствующие алканы. Нафтеновые (циклоалканы, циклопарафины, предельные углеводороды) и ароматические углеводороды с разветвлёнными алкильными цепями кристаллизуются при более низких температурах, чем соответствующие алканы. С увеличением длины неразветвлённой боковой цепи температура кристаллизации этих углеводородов повышается.

Содержащиеся в бензинах низкомолекулярные углеводороды имеют приемлемые низкотемпературные свойства. В тяжёлых углеводородных фракциях дизельных топлив наиболее высокими температурами кристаллизации обладают нормальные малоразветвлённые алканы. Застывание дизельных топлив вызывают и моноциклические нафтеновые и ароматические углеводороды с длинными боковыми цепями нормального (неразветвлённые) строения.

Возникновение кристаллов зависит и от концентрации и строения примесей: смолистых веществ и сераорганических соединений.

Вязкость топлива пропорциональна скорости роста кристаллов: с повышением вязкости топлива размеры выпадающих кристаллов уменьшаются, и скорость их роста замедляется. После выдерживания топлива при постоянной температуре содержащиеся в нём кристаллы срачиваются друг с другом, образуя каркасы. Эти каркасы захватывают в свои ячейки жидкие углеводороды, не кристаллизующиеся при данной температуре.

В настоящее время для устранения застывания топлива используют депрессорные присадки. Такие присадки снижают температуру застывания топлива и не влияют на температуру помутнения. Твёрдые углеводороды начинают кристаллизоваться при одной и той же температуре независимо от присутствия в топливе депрессорной присадки. Но срачивание кристаллов в присутствии присадки происходит при более низкой температуре.

Загрязнение и механические примеси. В процессе транспортирования топливо загрязняется механическими примесями: почвенная пыль, продукты коррозии ёмкостей и трубопроводов, продукты износа перекачивающих средств. На этих неорганических примесях адсорбируются органические асфальтено-смолистые вещества – продукты окисления нестабильных составляющих топлива.

К основным компонентам механических примесей относятся: оксиды кремния, алюминия, железа, соединения кальция, магния, натрия. В почвенной пыли содержится от 50 до 95 % кварца, твёрдость которого больше твёрдости конструкционных материалов двигателя. Поэтому именно кварц вызывает абразивное изнашивание деталей, засорение каналов и жиклёров, отложение во впускном трубопроводе, в камерах сгорания, на

клапанах, нарушает плотность посадки. Для снижения содержания механических примесей необходимо топливо отстаивать и отфильтровывать.

Стабильность топлив. Склонность к образованию отложений

В процессе транспортировки, хранения и применения свойства топлив могут изменяться в результате физических и химических процессов. Кроме того, в топливах могут развиваться грибки и бактерии. Поэтому различают физическую, химическую и биологическую стабильность.

Физическую стабильность определяют: склонность топлива к испарению и способность расслаиваться и образовывать осадки при смешивании.

Химическая стабильность: склонность к окислению углеводородов и неуглеводородных примесей при обычных и повышенных температурах с образование смолистых кислородосодержащих соединений.

Биологическая стойкость: стойкость к воздействию бактерий, грибов и плесени.

Физическая стабильность. Испарение топлива во время транспортировки и хранения ведёт не только к материальным потерям, но и к ухудшению эксплуатационных свойств и загрязнению окружающей среды.

Чем больше в топливе легкокипящих фракций углеводородов, чем ниже температура начала кипения топлива, чем выше давление его насыщенных паров, тем больше склонность топлива к испарению. Из жидких топлив максимальную склонность к потерям от испарения имеют бензины.

Топлива, содержащие только углеводородные компоненты, не расслаиваются при любых температурах. Попадание воды в такие топлива не сопровождается вымыванием каких-либо компонентов, и после отстоя топлива не изменяют своих свойств. Иначе ведут себя топлива, в которых присутствуют кислородосодержащие компоненты, например, спирты.

Растворимость метанолов и этанолов в углеводородах ограничена. При попадании воды концентрация спиртов снижается, ухудшается их растворимость и топливо мутнеет. Топлива тяжёлого фракционного состава смешиваются с метанолом хуже бензинов и расслаиваются при более высоких температурах.

Химическая стабильность. На любой стадии – хранение, транспортировка, применение – происходит соприкосновение топлива с воздухом. Нестабильные соединения находящиеся в топливе под воздействием кислорода изменяются с образование смолистых веществ. Эти продукты окисления способны вызвать коррозию деталей двигателя, забивать фильтры и жиклёры, образовывать отложения на клапанах и в камерах сгорания.

Химическая стабильность топлив зависит от состава и строения углеводородов и содержания и природы неуглеводородных примесей, входящих в состав топлива. Кроме того, химическая стабильность зависит от температуры, концентрации кислорода, солнечного света и других факторов.

Окислению подвергаются все углеводороды, но с разной скоростью, но самопроизвольно без подвода внешней энергии. Автоокисление углеводородов процесс самоускоряющийся.

В большей степени окислению подвержены непредельные углеводороды. Их склонность зависит от строения углеродного скелета и расположению двойных связей. Углеводороды с сопряжёнными двойными связями (ациклические или циклические) и с одной двойной связью в боковой цепи, связанной с ароматическим ядром, являются инициаторами окисления остальных углеводородов. Среди алкенов менее склонны к окислению циклоалкены с одной двойной связью, диены с удалёнными двойными связями и олефины. По мере разветвления углеродного скелета и приближения двойной связи к середине молекулы склонность олефинов к окислению возрастает.

Наименее подвержены к окислению алканы, нафтены, бензол. Ароматические углеводороды с боковыми цепями окисляются легче бензола. Склонность к окислению возрастает с увеличением молекулярной массы, увеличением числа и длины боковых цепей и несимметричности молекулы.

Биологическая стойкость. Образование микробиологических масс и продуктов их жизнедеятельности способствует коррозии металлов, ведёт к забивке трубопроводов, фильтров и каналов топливной аппаратуры. Микроорганизмы, попадая в топливо, могут длительное время сохраняться в нём, не размножаясь, но и не отмирая. Многие микроорганизмы развиваются в системах из топлива и воды. При этом микробиологические массы развиваются на поверхности раздела между водой и топливом. Росту микроорганизмов способствует повышение температуры. Большая влажность с высокой температурой способствуют развитию микроорганизмов.

Коррозионная активность. Совместимость с неметаллическими материалами

В процессе хранения, транспортирования, применения топлива могут вызывать коррозию металлов, набухание, разрушение или другие изменения свойств резин, герметиков и других эксплуатационных материалов. Продукты сгорания топлив вызывают коррозию деталей цилиндропоршневой группы, газораспределительного механизма, агрегатов выпускного тракта и увеличивают коррозионную активность атмосферы.

Коррозия обычно протекает на границе двух фаз – металла и жидкости или газа. Причиной коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов. Все металлы в условиях эксплуатации стремятся перейти в стабильное окисленное состояние, в чём и проявляется суть коррозии.

Химический и электрохимический процессы коррозии различны по принципу и по скорости протекания.

Химическая коррозия возникает при прямом химическом взаимодействии металла с окружающей средой или её компонентами. Это обычная химическая реакция, протекающая в средах, не проводящих электрического тока: сухие газы и неэлектролиты. Например, газовая коррозия выпускного тракта отработавшим газом или коррозия топливной системы за счёт взаимодействия с сернистыми соединениями, находящимися в топливе.

Электрохимическая коррозия происходит в том случае, когда на поверхности металла имеется электролит: водный раствор солей, кислот, щелочей, проводящих электрический ток. Такая коррозия протекает со значительной скоростью и играет ведущую роль в разрушении металлов во взаимодействии с топливом.

Вода может попасть в топливо при заправке, резком перепаде температур, высокой влажности воздуха. Газы, находящиеся в воздухе, растворяются в этой воде. Так возникает электрохимическая реакция в плёнке получившегося электролита на поверхности границ металла и топлива или газа.

Коррозионная активность зависит от состава топлив. Углеводороды не оказывают коррозионного воздействия на металлы. Коррозионная активность топлив зависит от неуглеводородных примесей: сернистых и кислородных соединений, и водорастворимых кислот и щелочей.

Водорастворимые кислоты и щёлочи являются случайными примесями, попавшие в топливо после одного из видов очистки или при использовании недостаточной чистой тары и трубопроводов. Кислоты вызывают сильную коррозию любых металлов, щёлочи корродируют алюминий.

К другим примесям, вызывающим коррозию, относятся сераорганические соединения. Активность соединений серы при обычных температурах различна. К активным относят сероводород, свободную серу и меркаптаны. Сероводород особенно

опасен для цинка, меди, железа, латуни, сера воздействует на медь и железо, меркаптаны взаимодействуют почти со всеми металлами.

Такие соединения серы, как сульфиды, дисульфиды, тиофены, тиофаны относятся к неактивным и при обычных температурах не взаимодействуют с металлами. Но в процессе сгорания все сернистые соединения образуют активные оксиды серы – SO_2 и SO_3 . Именно поэтому общее содержание серы в топливах ограничивается.

Характер коррозионного действия оксидов серы на металлы зависит от температуры. При низкой температуре, когда возможна конденсация водяных паров из продуктов сгорания, происходит электрохимическая коррозия. При температуре выше критической конденсации влаги на поверхностях не происходит и протекает высокотемпературная сухая газовая химическая коррозия.

В области оптимальных температур коррозия минимальна. Снижение температуры ниже оптимальной резко увеличивает скорость электрохимической коррозии, скорость химической коррозии возрастает с повышением температуры не так быстро. Таким образом, высокотемпературные режимы менее опасны, чем низкотемпературные. В бензиновых двигателях коррозия оказывает более сильное влияние на износ цилиндров, чем в дизелях. Наибольший износ наблюдается при пуске двигателя, особенно в зимнее время и при эксплуатации с частыми и длительными остановками.

При необходимости использования сернистых топлив снижение коррозионного износа цилиндро-поршневой группы возможно за счёт щелочных присадок в моторное масло.

Сложнее защитить от коррозии детали выпускного тракта и особенно глушителя. Оксиды серы растворяются в воде, конденсирующейся из продуктов сгорания. Здесь снижения коррозии можно достигнуть уменьшением содержания серы в топливе.

Кислородосодержащие соединения всегда присутствуют в топливах. Они попадают из нефти при её переработке, при окислении непредельных углеводородов при хранении и транспортировке.

Высокой коррозионной активностью из кислородосодержащих обладают нафтеновые кислоты. Но они заметное влияние оказывают на свинец и цинк, а на другие цветные металлы и на чёрные металлы они действуют незначительно.

Кислые продукты окисления нестабильных углеводородов обладают значительно большей коррозионной активностью, чем нафтеновые кислоты, тем более часть их растворима в воде.

Для снижения коррозионной активности топлива подвергают очистке. Антиокислительные присадки предотвращают окисление углеводородов и сернистых соединений. Действие этих присадок различно:

- ингибиторы хемосорбционного действия, химически взаимодействуя присадки с металлом, образуют на его поверхности защитную плёнку;
- ингибиторы адсорбционного действия, образуют на поверхности металла защитную плёнку вследствие адсорбции полярных групп поверхностно-активных веществ;
- ингибиторы нейтрализующего действия нейтрализуют кислотно-агрессивные продукты.

Добавка азотосодержащих присадок к топливам уменьшает газовую коррозию выпускного тракта.

Микроорганизмы в результате своей жизнедеятельности образуют кислые коррозионно-активные вещества в виде коричнево-чёрной слизи, скапливающейся на границе раздела двух фаз: топливо–вода – на дне резервуара, топливного бака, на стенках трубопроводов. Эти продукты жизнедеятельности микроорганизмов не только разрушают защитные покрытия металлов, но и вызывают разложение антикоррозионных присадок. Для борьбы с микроорганизмами применяют бактерицидные присадки.

Углеводороды являются растворителями многих неметаллических материалов, из которых изготавливают детали топливных систем двигателя. Особенно высокая растворяющая способность у ароматических углеводородов, входящих в состав топлив до 50%. Неметаллические материалы набухают, из них вымываются присадки и ингредиенты. Это приводит к преждевременному выходу из строя прокладок, герметиков, сальников, шлангов и т.д.

Защитная способность

Даже после очистки топлив после практически полного удаления коррозионно-активных компонентов коррозия металлов не только не уменьшилась, но в ряде случаев даже увеличилась. Коррозионная активность топлив действительно уменьшилась, но серо- и кислородосодержащие соединения, являясь поверхностно-активными веществами, способны образовывать на поверхности металлов плёнки, предотвращающие электрохимическую коррозию в присутствии воды. Это свойство получило название защитной способности.

Коррозионная активность и защитная способность проявляются одновременно и это учитывается при разработке антикоррозионных и защитных присадок.

Противоизносные свойства

В автомобильных двигателях внутреннего сгорания детали топливopодpодpющей аппаратуры смазываются самим топливом. Создавать дополнительную масляную систему для смазки элементов топливной системы сложно, так как смазочное масло применять здесь невозможно.

Интенсивность износа трущихся деталей системы питания двигателя при контакте с топливом зависит от конструктивных (контактирующие металлы и их сплавы, чистота обработка поверхности, величина и характер нагрузок) и эксплуатационных (температурный режим работы деталей, степень нагрева топлива) факторов.

Степень загрязнённости топлива механическими примесями влияет на интенсивность износа, но является величиной переменной и зависит от системы фильтрации. Поэтому в понятие противоизносных свойств топлива не включается.

Противоизносные свойства топлив зависят от вязкости и её температурных изменений, от наличия в топливе поверхностно-активных веществ. Смазывающие свойства топлив значительно хуже, чем у масел. И вязкость, и содержание поверхностно-активных веществ в топливе значительно меньше, чем в масле. С увеличением пределов выкипания топлива, увеличивается его вязкость и содержание поверхностно-активных веществ и, следовательно, Противоизносные свойства.

На поверхности трущихся пар при контакте с топливом образуется граничный слой, выполняющий роль смазочной плёнки. Образование этой плёнки связано с активностью поверхностного слоя металла, притягивающего серо-, кислородо- и азотосодержащие соединения и создающие на поверхности смазочную плёнку. Наилучшими противоизносными свойствами обладают кислородные соединения.

Образование смазочной плёнки на поверхности трущихся деталей связано не только с адсорбцией (физическим взаимодействием), но и с хемосорбцией (химическим взаимодействием). Хемосорбционная плёнка более прочная, чем адсорбционная, поэтому её стараются создать в самых нагруженных узлах.

После очистки из топлива удаляются гетероорганические соединения и ухудшаются противоизносные свойства. Поэтому в товарное топливо добавляют противоизносные присадки.

Противоизносные свойства топлив ухудшаются в присутствии механических примесей, так как они разрушают плёнку и вызывают абразивный износ.

Охлаждающая способность

Расход топлива в двигателях большой, что позволяет отвести значительное количество тепла от объекта и одновременно нагреть топливо, что улучшает его испаряемость перед сгоранием.

Но для эффективности использования топлива в качестве охлаждающей жидкости оно должно отвечать определённым требованиям:

- Температура начала кипения должна быть выше возможного нагрева топлива при выходе из теплообменника. Закипание топлива может нарушить работу системы питания двигателя.

- Топливо должно обладать высокой термической стабильностью и не окисляться при температурах в теплообменнике.

- Топливо должно иметь высокую теплоёмкость.

- У топлива должна быть высокая теплопроводность, обуславливающая скорость протекания процесса теплоотдачи. Наибольшей теплоёмкостью обладают алканы нормального строения (неразветвлённые парафины). При увеличении разветвлённости у изомеров теплоёмкость всех углеводородов падает.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема: Сравнение эксплуатационных и качественных показателей бензина

Цель работы: ознакомиться и закрепить знания по основным маркам бензинов, с нормативно-технической документацией по качеству бензинов (ГОСТами на показатели качества и методы их определения), ознакомиться и изучить методы проведения контрольного анализа бензинов (определение коррозионных свойств бензина, в том числе на наличие водорастворимых кислот и щелочей, активной серы, плотности и фракционного состава, оценка их детонационной стойкости), а также приобрести навыки по контролю и оценке качества бензинов, и по определению пригодности их для применения в двигателях внутреннего сгорания.

В результате выполнения лабораторной работы, подготовки и защиты отчета студенты должны:

знать:

- основные марки бензинов, применяемых на автомобильном транспорте, их свойства и особенности;
- основные нормативно-технические документы по качеству бензинов (ГОСТы на показатели качества и методы их определения);
- основные методы проведения контрольного анализа бензинов.

уметь:

- дать характеристику определённым видам автомобильных бензинов;
- использовать нормативно-технические документы по качеству бензинов (ГОСТы на показатели качества и методы их определения);
- применять основные методы проведения контрольного анализа бензинов;
- применять навыки по контролю, оценке качества бензинов и установлению условий их применения на автомобильном транспорте в качестве топлив для двигателей внутреннего сгорания.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть требования к качеству бензинов, свойства и показатели бензинов, влияющих на смесеобразование, подачу топлива, процесс сгорания, образование отложений и коррозионную активность, основные марки бензинов и их применение.
2. Оценить испытуемый образец топлива по внешним признакам: прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей, характер испарения капли с фильтровальной бумаги. Ознакомиться с имеющейся в лаборатории коллекцией стандартных бензинов, а затем сравнить с ними по внешним признакам испытуемый образец топлива и дать предварительное заключение о принадлежности образца к той или иной марке бензина.
3. Провести экспериментальный анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей.
4. Провести экспериментальный анализ на наличие активной серы.
5. Измерить плотность бензина.
6. Установить по имеющимся стандартным параметрам марку исследуемого бензина, соответствие его ГОСТу и решить вопрос о применении его для автомобилей в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.
7. Выполнить необходимые работы, оговоренные в задании.
8. Оформить отчет, сделать техническое заключение.

Краткие теоретические сведения, состав и последовательность выполнения работы.

Оценка бензинов по внешним признакам

Бензины не должны содержать механических примесей и воды. Определение их отсутствия или наличия проводится по внешним признакам или с помощью специальных приборов. Для оценки по внешним признакам достаточно осмотреть образец бензина в стеклянном цилиндре. При этом невооруженным глазом не должно быть обнаружено твердых частиц, как во взвешенном состоянии, так и в осадке.

В небольших количествах (сотые доли процента) вода способна раствориться в бензине, и он при этом не теряет прозрачности. Избыточное же количество воды в бензине при перемешивании вызовет помутнение бензина, а при отстаивании вследствие большего удельного веса приведет к скоплению ее на дне емкости отдельным слоем. Поэтому при оценке бензина на наличие воды достаточно осмотреть его в стеклянном цилиндре и зафиксировать наличие или отсутствие мути либо отдельного слоя воды на дне.

При отгрузке с нефтеперерабатывающих заводов топлива не содержат механических примесей и воды. Однако в них могут попасть примеси и вода при транспортировке, хранении, заправке. Поэтому топлива периодически проверяются на наличие примесей и воды простейшими методами либо с помощью специальных приборов. Наиболее простой способ состоит в осмотре пробы в стеклянном цилиндре диаметром 40-60 мм, при этом во всей массе бензина невооруженным глазом не должно обнаружиться ни взвешенных или осевших на дно твердых частиц, ни воды. Наличие воды в топливе опасно в зимнее время, когда образующиеся кристаллы льда нарушают дозировку топлива и могут вызвать полное прекращение его подачи, усиливаются процессы окисления, увеличивается коррозионное действие топлива. Механические примеси вызывают засорение топливодозирующей системы.

Все бензины, включающие в своем составе этиловую жидкость, окрашивают в желтый, оранжевый (оранжево-красный), синий (голубой) или розовый цвет. Бензины, полученные непосредственно из нефти путем разгона или двухступенчатым крекингом, как правило, бесцветные и не подкрашиваются на протяжении длительного времени после их изготовления. Неэтилированные бензины термического крекинга также бесцветные на протяжении нескольких недель со дня их изготовления, но при хранении они окрашиваются смолами, которые в них непрерывно образуются, вначале в светло-желтый, потом в переходный желтый цвет и – в темно-желтый цвет.

Бензины, в сравнении с другими нефтепродуктами, имеют специфический запах. Резко и неприятно пахнут бензины термического крекинга, топлива двухступенчатого каталитического крекинга, содержащие значительное количество ароматических углеводородов, обладают слабым ароматным запахом.

Бензины по сравнению с керосинами, дизельными топливами и маслами имеют наиболее легкий фракционный состав, поэтому их легко можно отличить от других продуктов нефтепереработки. Каплю испытуемого топлива наносят на фильтровальную бумагу или палец руки и наблюдают характер испарения. Авиационные и зимние автомобильные бензины полностью испаряются за 1 мин, не оставляя никакого следа. Летние автомобильные бензины испаряются медленнее – через 1 мин, на коже или бумаге от них может сохраниться не полностью высохшее пятно. Заметного испарения керосинов, дизельных топлив и масел за 1 мин. не наблюдается, на протяжении нескольких минут след от нанесенной капли остается практически неизменным.

Оборудование: стеклянный цилиндр диаметром 40-55 мм; образец испытуемого бензина.

Порядок выполнения работы:

1. Образец анализируемого бензина налить в стеклянный цилиндр.
2. Определить визуальным осмотром наличие или отсутствие взвешенных или осевших на дно твердых частиц, оценив при этом цвет, запах и испаряемость топлива.

3. Определить наличие или отсутствие водного слоя на дне цилиндра и характерной мути.
4. Результаты оценки записать в отчет.

Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей

Оценка качества карбюраторного топлива по его коррозионным свойствам имеет практическое значение не только при использовании его в двигателе, но и при хранении, перекачке, транспортировке и т. п. Входящие в состав топлива углеводороды не корродируют. Коррозия вызывается содержанием таких веществ, как водорастворимые кислоты и щелочи, остающиеся в топливе при очистке; органические кислоты, преимущественно нафтеновые, сера и сернистые соединения; вода.

Ввиду сильного коррозионного воздействия водорастворимых кислот на металлы, а щелочей на алюминий наличие их в топливе не допускается. Качественное определение водорастворимых кислот и щелочей проводят по ГОСТ 6307-75.

Оборудование: воронка делительная; пробирки; штатив; цилиндр мерный на 10 мл; дистиллированная вода; стакан химический; фенолфталеин (1%-ный спиртовой раствор); метиловый оранжевый (0,02%-ный водный раствор); образец топлива.

Порядок выполнения работы:

1. Пробу топлива, подготовленную для испытания, хорошо перемешать трехминутным встряхиванием в склянке.
2. Из перемешанной пробы отмерить мерным цилиндром 10 мл топлива и слить в делительную воронку.
3. Отмерить 10 мл дистиллированной воды и также слить в воронку.
4. Воронку делительную закрыть пробкой, снять со штатива и содержимое перемешать взбалтыванием (но не слишком энергично) в течение 30-40 с.
5. После взбалтывания воронку опять укрепить на штативе, выждать пока не закончится расслаивание образовавшейся эмульсии.
6. После отстаивания нижний слой, называемый водной вытяжкой, слить в стакан.
7. Водную вытяжку из стакана налить в две пробирки.
8. В одну из пробирок с водной вытяжкой испытуемого топлива прибавить две капли раствора метилоранжа, а в другую – три капли спиртового раствора фенолфталеина и содержимое в обеих пробирках хорошо взболтать. Сопоставляя получившиеся цвета индикаторов с данными табл. 1.1, сделать заключение о наличии или отсутствии в испытуемом образце водорастворимых кислот или щелочей.

Таблица 1.1. Окраска индикаторов в различных средах

Среда	Метилоранж	Фенолфталеин
Щелочная	Желтая	Малиновая
Нейтральная	Оранжевая	Бесцветная
Кислая	Красная	Бесцветная

9. Топливо считается выдержавшим испытание, если водная вытяжка остается нейтральной. В противном случае опыт надо повторить, предварительно тщательно вымыть посуду и ополоснуть ее дистиллированной водой. Если в результате второго испытания водная вытяжка получается кислой или щелочной, то топливо бракуют.

11. Результат испытания записать в отчет.

Качественное определение олефинов в топливах

Топлива для двигателей, которые имеют в своем составе продукты термического крекинга или одноступенчатого каталитического крекинга, могут содержать значительное количество олефинов, способных во время транспортировки и хранения превращаться в смолы, из-за окислительно-полимеризационных процессов, чрезвычайно высокая концентрация которых вредно отражается на работе двигателей внутреннего сгорания.

Проводимое исследование основывается на том, что олефины легко окисляются, восстанавливая производные с ними окислители.

Оборудование: пробирка лабораторная; перманганат калия; исследуемый образец топлива.

Порядок выполнения работы:

1. Испытываемый бензин необходимо залить в пробирку на высоту до 30-40мм от уровня ее дна

2. Добавить в пробирку приблизительно такое же количество водного раствора марганцевокислого калия (перманганата калия) и интенсивно взбалтывать содержимое пробирки на протяжении 10-15сек. После этого пробирке дать отстояться.

3. После отстаивания, выделившийся нижний пласт малиново-фиолетового цвета будет свидетельствовать об отсутствии в топливе олефинов, а обесцвечивание водного пласта или изменение цвета из малиново-фиолетового в желтый – свидетельствует о наличии олефинов в испытываемом бензине.

Определение наличия активной серы

Наличие в бензине сернистых соединений и элементной серы обуславливает коррозионные свойства самого бензина, а продукты сгорания серы вызывают дополнительную коррозию деталей двигателя. Наиболее сильное коррозионное воздействие на металл оказывают сероводород, элементная сера и низшие меркаптаны, которые вызывают коррозию емкостей и топливоподающей системы двигателя даже в обычных условиях. В связи с этим присутствие этих сернистых соединений в бензине не допускается. Активность действия сернистых соединений в топливе проверяют методом *испытания на медной пластинке*. С этой целью хорошо очищенную и отполированную медную пластинку помещают в пробирку с испытуемым топливом и нагревают в течение 3 ч в водяной бане при температуре 50 °С. Затем пластинку промывают. Если после этого на ней остался черный, темно-коричневый или серый налет, то это указывает на наличие в топливе активных сернистых соединений.

Неактивные сернистые соединения – сульфиды, тиофены и т. п. – практически не действуют на металлы в обычных условиях. Однако при их сгорании получают сернистый SO₂ и серный SO₃ ангидриды, которые в присутствии даже небольшого количества воды образуют сернистую и серную кислоты, что вызывает сильную коррозию деталей. Таким образом, чем больше в топливе содержится сернистых соединений, тем сильнее коррозия и вызванный ею износ деталей двигателя. Повышенный износ и нагарообразование в двигателе при его работе на сернистом топливе вызывает снижение мощности и экономичности двигателя. Содержание серы в автомобильном топливе по техническим требованиям не должно превышать 0,1...0,12 %. Коррозионная активность топлива повышается с увеличением содержания воды в нем. Кроме того, в зимнее время наличие воды в бензине может вызвать закупорку в топливопроводах за счет образования кристаллов льда, в результате чего нарушается подача топлива и работа двигателя. Весьма нежелательно наличие в топливе механических примесей, которые забивают жиклеры карбюратора и способствуют повышению износов деталей двигателя.

Приняты два метода испытания топлив на медную пластинку: стандартный и ускоренный. По стандартному методу испытания длятся 3 ч при температуре 50°С, при ускоренном – 18 мин при температуре 100°С. Ниже приводится описание ускоренного метода, с вполне надежными результатами в соответствии с ГОСТ 6321-69.

Оборудование: колба коническая объемом 260 мл; обратный холодильник, водяная баня, пластинка размером 40х10х2 мм из электролитической меди, пруток медный, электроплитка.

Порядок выполнения работы:

1. В коническую колбу заливают испытуемое топливо на высоту 20-25 мм.

2. На медной проволочке подвешивают тщательно отшлифованную пластину из электролитической меди так, чтобы пластинка была погружена в топливо приблизительно на половину ее высоты (дотрагиваться до пластинки руками при подготовке ее и опускании в колбу нельзя).

3. Колбу закрывают корковой пробкой с вмонтированным в нее обратным холодильником, охлаждаемым проточной водой, и опускают точно на 18 мин в кипящую водяную баню (100°C).

4. По истечении 18 мин колбу быстро вынимают из бани, медную пластинку извлекают и тщательно осматривают. Если после испытания медная пластинка покрылась черными, темно-коричневыми или серо-стальными налетами и пятнами, считается, что топливо не выдерживает испытания.

Положительные результаты испытания бензина свидетельствуют о том, что содержание сероводорода не превышает 0,0003, а свободной серы – не более 0,0015% (масс.).

Измерение плотности бензина

Плотность топлив зависит от их химического состава, молекулярной массы и температуры. Ее влияние на работу систем питания заметно проявляется изменением уровня в поплавковой камере карбюратора и расхода топлива в системах дозирования (жиклерах, форсунках, дозаторах и т.д.). Плотность определяют обычно нефтенсиметрами – специальными ареометрами. Но существуют и другие методы, применяемые при лабораторных исследованиях нефтепродуктов, такие, как взвешивание на аналитических весах небольших специальных колб (пикнометров), имеющих строго определенный объем находящегося в них топлива, или погружение в топливо тел определенного объема и массы, подвешенных к специальным очень точным весам.

Плотность топлива для товарных марок бензина не нормируется, но ее необходимо точно знать не только при расчете дозирующих систем приборов питания, но и при пересчете объемных единиц в массовые и массовых в объемные при определении расходов топлива во время испытаний двигателей (Приложение 1). По показателю плотности автотракторного топлива можно только ориентировочно судить о виде топлива: бензины, керосины, дизельное топливо и т.д., так как многие марки различных топлив имеют одинаковую плотность.

Плотность относится к числу обязательных показателей, включаемых в паспорт на топливо для двигателей. Она используется при пересчете объемных единиц нефтепродуктов в массовые и наоборот. Для пересчета количества бензина в объемных единицах в весовые достаточно умножить объемное количество бензина при той же температуре, т.е.

$$G_t = V_t \cdot \rho_t,$$

где G_t – количество бензина в весовых единицах, кг;

V_t – количество бензина в объемных единицах, л;

ρ_t – плотность бензина при той же температуре, г/см³

Оборудование: стеклянные мерные цилиндры на 250 мл; набор ареометров (нефтенсиметров); термометр ртутный стеклянный (в том случае, если ареометр без термометра) до +50 °С с ценой деления в 1 °С.

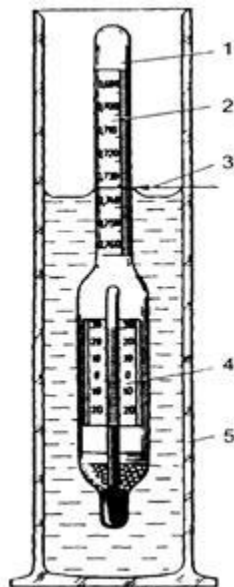
Порядок выполнения работы:

1. Установить стеклянный цилиндр на ровном месте и осторожно, при помощи стеклянной палочки, налить в него испытуемый нефтепродукт (бензин) до уровня, отстоящего от верхнего обреза цилиндра на 5-6 см.

2. Выдержать нефтепродукт 2-3 минуты для того, чтобы он принял окружающую температуру (допускается отклонение не более чем $\pm 5^{\circ}\text{C}$).

3. Чистый и сухой ареометр медленно и осторожно опустить в цилиндр с нефтепродуктом до его свободной плавучести, удерживая его за верхний конец.

4. После того как ареометр установится и прекратятся его колебания, произвести отсчет по верхнему краю мениска с точностью до третьего знака. При этом глаз должен находиться на уровне, отмеченном на рисунке 16 линией.



1 – ареометр; 2 – шкала плотности; 3 – линия отсчета плотности; 4 – шкала термометра; 5 – стеклянный цилиндр

Рисунок 16 – Прибор для определения плотности нефтепродукта

3. Спустя не менее 1 мин после погружения ареометра записать температуру топлива, отсчитывая ее с точностью до градуса по термометру. На этой операции испытание заканчивается.

5. Ареометр вынуть из цилиндра, протереть, вложить в футляр, а нефтепродукт вылить в ту же склянку, из которой наполнялся цилиндр.

6. В стандартах и других документах плотность нефтепродукта указывается при температуре 20°C (ρ_{20}). В связи с этим данные измерений при иной температуре (ρ) необходимо привести к температуре 20°C по формуле

$$\rho_{20} = \rho + \gamma(t - 20),$$

где γ – зависящая от величины плотности температурная поправка, которая берется из табл. П.1;

t – температура нефтепродукта при отсчете плотности, $^{\circ}\text{C}$.

Приведенную плотность следует округлить до третьего знака после запятой.

ТЕМА 2.4 АВТОМОБИЛЬНЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Определение качества моторных масел

Цель работы: ознакомиться и закрепить знания о свойствах масел, ознакомиться и изучить методы определения качества масел.

Порядок работы:

1. Изучить теоретический материал
2. Выполнить контроль качества масел
3. Оформить отчет

Контрольные вопросы:

1. Перечислите и изобразите виды трения
2. Назовите последствия трения
3. Каковы функции масел?

Функции моторных масел

Смазочные материалы служат для уменьшения трения и износа трущихся деталей. Чем лучше подобрано масло для каждого конкретного типа двигателя и других трущихся деталей, тем меньше износ, а значит и больший срок их службы. Кроме того, масло охлаждает нагретые детали, защищает их от коррозии, препятствует прорыву сжимаемой рабочей смеси и продуктов сгорания из цилиндра в картер двигателя.

Основной причиной износа деталей является трение, которое возникает при относительном перемещении соприкасающихся тел в плоскости их касания. Сила, препятствующая перемещению, называется силой трения. В некоторых случаях сила трения бывает полезна, а в других вредна. Если бы не было трения между колесами тепловоза и рельсами, невозможно было осуществить движение тепловоза и поезда.

При торможении тормозные колодки прижимаются к колесам, между ними возникает трение, в результате чего вращение колес замедляется или прекращается. Однако не всегда трение бывает полезно. Так, трение в двигателе внутреннего сгорания при превращении тепловой энергии в механическую работу является вредным вследствие того, что при этом затрачивается часть энергии (мощность), которая расходуется совершенно бесполезно. Следовательно, это трение является вредным.

Трение вызывает износ отдельных частей машин и механизмов. Поэтому трущиеся части изменяют свои первоначальные размеры и форму.

В местах сочленения деталей возникает шум, появляются перекосы и перегрев их, что вызывает различные неполадки в работе.

По состоянию поверхностей тел и в зависимости от наличия и качества смазки различают следующие виды трения (рисунок 17):

1) сухое (рисунок 17, а) – смазка отсутствует. В этом случае затрата энергии на преодоление трения и износ трущихся частей будет наибольшей. Практически современные машины и механизмы в таких условиях работать не могут;

2) промежуточное — трущиеся поверхности покрыты смазкой лишь частично или слой смазки очень тонкий. Происходит частичное зацепление шероховатостей (рисунок 17, б);

3) жидкостное (рисунок 17, в) — трущиеся поверхности трения разделены масляной пленкой (слоем жидкости), которая не позволяет микроскопическим неровностям деталей задевать друг за друга.



а — сухое; б — промежуточное; в — жидкостное

Рисунок 17 – Виды трения

При жидкостном трении разделение трущихся поверхностей уменьшает износ, но не устраняет его полностью, так как в работе двигателей и машин, в частности у тепловозов, бывают периоды, когда узлы трения работают в условиях несовершенной (граничной) смазки (например, при пуске дизеля). Из трущихся поверхностей дизеля больше всего изнашиваются цилиндры, поршневые кольца, подшипники и шейки коленчатого вала.

Износ трущихся деталей может быть вызван тремя основными причинами:

а) механическим износом, возникающим вследствие контакта двух металлических поверхностей при недостаточной смазке или несоответствии ее требуемым нагрузкам. Этот вид износа может быть уменьшен до минимума правильным подбором масла;

б) коррозионным износом, или химическим разрушением металлических поверхностей (вкладышей подшипников, стенок цилиндров и поршневых колец). Причиной этого вида износа является химическое воздействие влаги и кислот как минеральных (угольной, серной, сернистой и др.), образующихся при сгорании топлива, особенно сернистого, так и органических, образующихся в процессе сгорания масла. Для устранения коррозионного износа применяют металл улучшенного качества для деталей дизеля, малосернистое топливо, подбор специальных присадок к топливу и маслам;

в) абразивным износом от действия пыли, грязи, песка и других твердых частиц, попадающих в двигатель со всасываемым воздухом и топливом. Абразивные частицы тверже трущихся поверхностей и при попадании на поверхности трения они царапают их, вызывая повышенный износ. Этот вид износа очень опасен. Для его уменьшения необходимо строго следить за состоянием фильтров.

Моторные масла предназначены для смазывания поршневых двигателей внутреннего сгорания. Они работают в исключительно тяжелых условиях. Другим смазочным материалам, применяемым в автомобилях, – трансмиссионным маслам и пластичным смазкам – несравненно легче выполнять свои функции, не теряя нужных свойств, так как они работают в среде относительно однородной, с более-менее постоянными температурой, давлением и нагрузками.

У моторных режим "рваный" – одна и та же порция масла длительное время подвергается ежесекундным перепадам тепловых и механических нагрузок, поскольку условия смазки различных узлов двигателя далеко не одинаковы.

Например, давление на тонкую масляную пленку между стенкой цилиндра и поршневыми кольцами резко меняется в пределах 0,15-0,3 МПа в зоне компрессионного кольца и 0,5-1,3 МПа в зоне маслосъемного. При этом скорость поршня изменяется от нулевой в мертвых точках до 15 м/сек, и при определенных условиях давление может достигать 2,0 МПа. Температура этой пленки тоже резко варьируется. Верхняя поршневая канавка в современных двигателях нагревается до 270-280°C, а при наличии наддува – до 300-350°C. А когда на такте сжатия из камеры сгорания в картер через пленку прорываются газы (это происходит во всех двигателях, и чем двигатель изношеннее, тем газов больше), температура в зоне поршня может достигать 450°C у карбюраторных моторов и 550-700°C у дизелей.

Не менее тяжелые условия и в зоне трения вкладышей подшипников и шейки коленчатого вала. Там масляная пленка нагревается до 150-160°C при огромном давлении

трущихся деталей. А температура масла в картере в рабочем режиме редко падает ниже 80-100°C. Кроме того, моторное масло подвергается химическому воздействию – кислорода воздуха, других газов, продуктов неполного сгорания топлива, да и самого топлива, которое неминуемо попадает в масло, хотя и в очень малых количествах.

В таких, мягко говоря, некомфортных условиях моторное масло должно в течение длительного времени выполнять возложенные на него функции, а именно:

- образовывать прочную тончайшую пленку на поверхностях трущихся деталей, исключая тем самым прямой контакт деталей поверхностными микронеровностями и, как следствие, задиры поверхностей; снижать износ деталей двигателя;

- уплотнять зазоры, в первую очередь, между деталями цилиндра-поршневой группы, не допуская или сводя к минимуму прорыв газов из камеры сгорания;

- отводить тепло, образующееся в результате сгорания топлива и трения;

- охлаждать детали двигателя;

- предотвращать образование нагара и лакообразных отложений;

- предотвращать коррозию деталей двигателя;

- предотвращать выпадение осадков;

- поддерживать продукты старения и износа в виде стойкой эмульсии;

- выносить продукты износа из зоны трения;

- нейтрализовывать кислоты, образующиеся при окислении масла и сгорании топлива.

Для того чтобы моторное масло успешно осуществляло все эти функции, в базовое масло добавляют пакет присадок (химически активных веществ). В современных моторных маслах доля присадок в среднем составляет 15-25%.

Существует четыре вида базовых масел:

- 1) Минеральные (полученные путем вакуумной перегонки мазута с последующим рафинированием);
- 2) Гидрокрекинговые(гидрокрекинг минерального масла);
- 3) Полусинтетические (смесь минерального и синтетического масел);
- 4) Синтетические (направленный синтез).

Определение качества и марки масел

В автохозяйствах чаще возникает потребность в определении качества не свежего, а работавшего масла, при этом могут быть использованы лишь простейшие способы, не требующие лабораторных условий. К ним относится способ определения содержания в масле нерастворимых и растворимых примесей по масляному пятну. Для этого нужно иметь фильтровальную бумагу и глазную пипетку.

На белую фильтровальную бумагу пипеткой или же маслоуказателем наносится капля масла, которая, растекаясь, образует пятно. В отличие от пятна капли свежего масла, пятно отработавшего темнее и не сплошное, а состоит из ядра и пояса. В ядре собираются нерастворимые в масле частицы (механические примеси), поэтому оно имеет более темный цвет, чем пояс. Ядро более темного цвета у масла с большим содержанием механических примесей.

Растворимые примеси (органические кислоты, смолы и др.) распределяются по всему пятну и также в зависимости от их количества придают разную окраску пояску. Поэтому о степени окисления масла судят по цвету пояска.

Масляное пятно со временем меняет свой цвет, поэтому делать по нему заключение необходимо сразу после того, как капля расплывется.

Рекомендуют оценивать качество масла по пятну его капли следующим образом. Если ядро имеет черный цвет (как капля туши на обычной бумаге) и его цвет не становится светлее после замены фильтра, то такое масло содержит большое количество механических примесей и его нужно менять. Масло с цветом ядра от светло-коричневого

до темно-серого пригодно для дальнейшей эксплуатации.

Если поясок имеет коричневый или темно-коричневый цвет, то масло нужно менять, так как оно слишком окислилось. Масло с таким же цветом пояска, как у свежего, т. е. от белого до светло-желтого, а также со светло-коричневым пояском пригодно для дальнейшего использования.

По отношению диаметра всего пятна к диаметру ядра можно судить о моющей способности масла. Масла без моющих присадок имеют это отношение 3 и более, а самая высокая моющая способность у масел, имеющих отношение диаметров, равное 1, т. е. пятно не имеет ядра.

С известной условностью о загрязненности масла примесями можно судить по меткам на конце маслоуказателя. Для этого из картера прогретого двигателя быстро вынимают маслоуказатель и рассматривают на нем метки, покрытые слоем масла. Если метки хорошо видны, то на таком масле можно продолжать работу. Если же метки не видны, а фильтры исправны, то масло нужно менять.

Вторым доступным для автохозяйства методом при определении качества работавшего масла является измерение его вязкости шариковым вискозиметром (полевым). Этот портативный прибор позволяет путем сравнения с маслом, вязкость которого известна, устанавливать вязкость испытываемого масла.

Вода в масле может быть обнаружена отстаиванием в течение 2-3 ч залитого в прозрачную посуду прогретого масла, по пузырькам водной эмульсии при сливе масла и нагревании масла в пробирке до 100-105°C. В последнем случае при наличии влаги масло будет вспениваться. Кроме того, пары воды, охлаждаясь, будут осаждаться мельчайшими капельками на холодных стенках верхней части пробирки.

Представление о количестве образовавшихся в двигателе осадков и необходимости промывки картера можно получить по их наличию на стенках клапанной коробки.

Качество свежих масел, поступающих в автохозяйство, контролируется прежде всего по паспорту. На основании данных последнего можно установить соответствие показателей физико-химических свойств масла, предусмотренных стандартом или техническими условиями.

Качество свежих масел можно проверить теми же упрощенными способами, что и работающих, но пользоваться нужно другими количественными критериями.

Так, свежее масло не должно быть загрязнено примесями, поэтому пятно от капли должно быть одинакового цвета по всей своей площади. В свежем масле не допускается содержание воды, и если она обнаружена, то масло должно быть забраковано.

Различить масла разных марок по таким их внешним признакам, как цвет и запах, – задача трудная, так как эти признаки не являются достаточно характерными. Поэтому необходимо внимательно следить, чтобы на таре были бы четко нанесены наименования хранящихся в ней масел.

Следует отметить, что трансмиссионные масла имеют черный цвет, кроме гиппоидного, имеющего коричневую окраску.

Масла для двигателей, как правило, более светлые и их цвет в проходящем свете бывает от светлого до темно-коричневого.

По запаху выделяются масла, содержащие сернистые присадки, например, ТАп-15В, которое имеет резкий запах. У остальных масел запах слабо различим

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Выбор марки масла

Цель работы: научиться читать маркировку и выбирать моторные масла

Порядок работы:

1. Изучить теоретический материал
2. Выполнить выбор масла для бензинового и дизельного двигателя в условиях умеренного, южного или северного климата

Оборудование и материалы:

Баночки с моторными маслами

Контрольные вопросы:

1. Как переходить с одной марки моторного масла на другую?
2. Как производить «промывку» двигателя?
3. Чем отличается синтетическое масло от минерального?
4. В каких случаях могут возникнуть проблемы при переходе на использование синтетического моторного масла?
5. Как переходить на синтетическое моторное масло?

Основой для подбора конкретной марки являются **требования производителя** Вашего автомобиля к применяемым маслам и жидкостям, приведенные в **инструкции по эксплуатации**. Если же автомобиль уже далеко не новый и сведений, приведенных в инструкции по эксплуатации недостаточно (или они просто устарели), то Вы должны самостоятельно выбрать марку масла для двигателя.

При этом Вам будет необходимо подобрать:

- класс вязкости по SAE (международный стандарт, регламентирующий вязкость масел)
- класс качества по ACEA (CCMC) или API
- решить какое масло Вы предпочтете: минеральное или синтетическое масло

Выбор класса вязкости по SAE

При выборе так называемого "зимнего" класса вязкости необходимо руководствоваться значениями средних зимних температур в регионе, где эксплуатируется Ваш автомобиль:

- 0W до -30 град.С и ниже
- 5W до -25 град.С
- 10W до -20 град.С
- 15W до -15 град.С
- 20W до -10 град.С
- 25W до -5 град.С

При выборе "летнего" класса следует отметить, что большинство европейских производителей автомобилей рекомендуют использование масел класса "40" по SAE.

Выбор класса качества

Спецификация **API** имеет следующие классы:

- для бензиновых двигателей
- SA, SB, SC, SD, SF — "устаревшие" классы

- SG, SH, SJ — действующие классы
- для дизельных двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, "джипов" и т.п.
- CA, CB, CC, CD — устаревшие классы
- CF — действующий класс, который является универсальным (с точки зрения API)

В настоящий момент спецификация **ACEA** имеет следующие классы:

-для бензиновых двигателей: A1-96, A2-96, A3-96;

-для дизельных двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, "джипов" и т.п.: B1-96, B2-96, B3-96

ТЕМА 2.5 АВТОМОБИЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Определение свойств технических жидкостей

Цель работы: научиться определять свойства низкотемпературных охлаждающих и тормозных жидкостей

Исследование качества низкотемпературных охлаждающих жидкостей

Общие сведения.

Низкотемпературные жидкости (антифризы) широко используются в системах охлаждения двигателей. Для автотракторных двигателей, например, применяют этиленгликолевые антифризы.

Этиленгликоль $C_2H_4(OH)_2$ – двухатомный спирт, представляет собой ядовитую жидкость без цвета и запаха, хорошо смешивается с водой в любых соотношениях, плотность при 20 °C составляет 1113 кг/м³, замерзает при минус 11,5 °C.

Однако при смешивании этиленгликоля с водой температура застывания смеси ниже, чем каждого из компонентов.

При смешивании этиленгликоля с водой в различных соотношениях можно получить смеси, замерзающие от 0 до минус 70...75 °C. В связи с тем что этиленгликоль и вода обладают различной плотностью, при смешивании их в различных соотношениях меняется плотность антифриза.

По плотности антифриза можно судить о его температуре замерзания. Промышленность выпускает антифризы марок 40, 65 и концентрат марки 40к.

Антифриз марки 40 предназначен для эксплуатации двигателей в зимнее время в средней полосе. Антифриз марки 65 выпускается для эксплуатации двигателей в холодное время года в районах Севера и Сибири. При смешивании 1 л концентрата 40к с 0,73 л воды получают охлаждающую жидкость марки 40. Этиленгликоли обладают коррозионными свойствами, поэтому в низкотемпературные охлаждающие жидкости вводят противокоррозионные присадки (декстрин, динатрийфосфат, молибденовокислый натрий) (Рисунок 18).

Низкотемпературные охлаждающие жидкости.

Показатель	Норма для марки		
	40	65	45к
Цвет	Светло-желтый	Оранжевый	Желтый
Плотность при 20°C, кг/м ³	1067...1072	1085...1090	1110...1115
Состав, % масс.			
этиленгликоль, не менее	52	64	94
вода, не более	47	35	5
Температура замерзания, °C, не выше	-40	-65	-
Температура применения, °C	-40...+95	-60...+95	-

Рисунок 18

Декстрин – это углевод типа крахмала, его вводят в антифриз в количестве 1 г/л. Он защищает от коррозии алюминий, медь и свинцовооловянный припой. Некоторая часть декстрина (5...10%) не растворяется в антифризе и находится в нем в виде коллоида. Поэтому антифриз становится несколько мутным. Декстрин при хранении может выпасть

в осадок, и антифриз приобретает прозрачность. Антифриз мутный или с выпавшим осадком декстрина пригоден к употреблению

Динатрийфосфат вводят в количестве 2,5...3,5 г/л. Он предотвращает коррозию стальных, чугунных и частично медных деталей.

Молибденовокислый натрий вводят в антифриз в количестве 7...8 г/л для предупреждения коррозии цинковых и хромовых покрытий.



Рисунок 19 – Кривая кристаллизации водоетиленгликолевых смесей

Применяется также низкотемпературная охлаждающая жидкость Тосол. Выпускают три марки этой жидкости: Тосол А-40, Тосол А-65 и Тосол А. Тосол применяют круглогодично. В него добавляют антикоррозионные и антипенные присадки.

Тосол А представляет собой концентрат, при разбавлении которого на 71 50% дистиллированной водой получают антифриз с температурой кристаллизации -35 °С. При соответствующем разбавлении концентрата дистиллированной водой получают Тосол А-40 с температурой заморзания минус 40 °С и Тосол А-65 с температурой заморзания минус 65 °С. Марку Тосола можно определить по его плотности при 20 °С, которая для Тосола А составляет 1120...1140 кг/м³, для Тосола А-40 – 1075...1085, для Тосола А-65 – 1085...1095 кг/м³.

Этиленгликолевые охлаждающие жидкости – сильные яды, поэтому с ними следует работать осторожно.

Проведение испытаний.

Состав антифриза определяют гидрометром.

Существуют специальные ареометры-гидрометры, с помощью которых измеряют содержание этиленгликоля в антифризе и температуру его заморзания.

Гидрометр (рисунок 20) представляет собой ареометр, снабженный вместо шкалы плотности двойной шкалой – содержания этиленгликоля и температуры заморзания.

При проведении опыта температура антифриза должна быть 20 °С, для чего антифриз, налитый в цилиндр, выдерживают в термостатирующем устройстве в течение 15 мин. В этом случае не требуется вводить в полученный результат температурных поправок. Осторожно опускают гидрометр в цилиндр с антифризом.

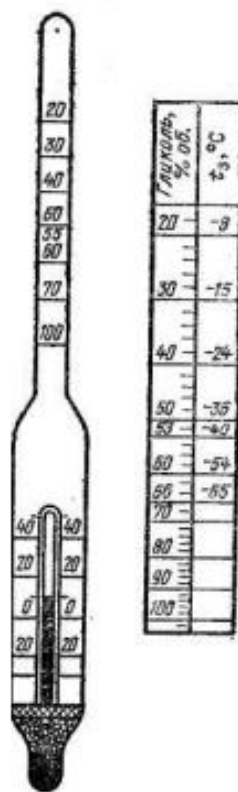


Рисунок 20 – Гидрометр и его шкала

После того, как гидрометр установился, по верхней границе мениска отсчитывают на шкале значения состава антифриза и температуры застывания. Если определение состава антифриза производилось не при 20 °C, то в показания гидрометра вносят поправку (рисунок 21).

В первой графе таблицы находят температуру, при которой проводится опыт, а по горизонтальной строке – показания гидрометра при температуре опыта. Затем в том же столбце, но в строке, соответствующей 20 °C, находят истинное содержание этиленгликоля в антифризе. Например, при температуре 10 °C содержание этиленгликоля по гидрометру 38%. Истинное содержание этиленгликоля (при 20 °C) будет 35%. Если в таблице отсутствуют значения температу-ры и показаний гидрометра, прибегают к интерполяции. После того как найден истинный состав антифриза, по шкале гидрометра определяют температуру его замерзания. В том случае, когда состав антифриза не соответствует нормам, приготавливают смесь требуемого качества. Необходимую добавку воды или этиленгликоля при испарении антифриза рассчитывают по формулам:

$$M = \frac{a-b}{b} H;$$

при добавлении этиленгликоля

$$M = \frac{c-d}{c} H,$$

при добавлении воды

где M – количество добавляемого компонента, л;

H – объем исходного образца, л;

a и b – содержание воды в исходном образце и в заданной смеси, % по объему;

c и d – содержание этиленгликоля в исходном образце и в заданной смеси, % (объемн.)

Температура испытываемого антифриза, °С	Содержание этиленгликоля, % (объемн.)								
30	17	22	27	32	36	41	46	5	55
20	20	25	30	35	40	45	40	55	60
15	21	26	32	37	42	47	52	57	63
10	22	27	33	38	44	49	54	59	65
0	24	29	29	35	40	47	52	63	69
-10	26	31	37	43	50	56	62	67	73

Рисунок 21 – Поправки к показаниям гидрометра

Исследование качества тормозных жидкостей

Общие сведения.

На всех легковых и некоторых грузовых автомобилях тормозная система снабжена гидравлическим приводом. Надежность работы гидравлического привода зависит от эксплуатационных свойств тормозной жидкости.

Тормозные жидкости должны быть легкоподвижными, обладать небольшой вязкостью; температура замерзания должна быть ниже температуры окружающего воздуха, при которой эксплуатируются автомобили. Жидкость не должна расслаиваться; не допускается выпадение сгустков и осадков. Тормозные жидкости должны обладать полной совместимостью с резиновыми деталями и металлом тормозной системы, а также хорошей смазывающей способностью.

Выпускаются тормозные жидкости марок ГТЖ-22М, Нева, БСК, ЭСК и т.п. (рисунок 22).

Показатель	Норма для марки		
	ГТЖ-22М	Нева	БСК
Внешний вид	Прозрачная зеленая жидкость	Прозрачная жидкость от желтого до светло-коричневого цвета	Жидкость от красного до оранжево-красного цвета
Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³	1100...1110	1012...1015	890...900
Кинематическая вязкость при температуре 50 ⁰ С, мм ² /с(Ст)	7,9...8,3	Менее 5,0	9,4...13,5
Низкотемператур-ные свойства	Температура замерзания не выше -65 ⁰ С	После выдержки 6 сут. при -40 ⁰ С и 6 ч при -50 ⁰ С не должно быть расслаивания или осадка	При выдерживании в течение 30 мин при -40 ⁰ С не должно быть расслаивания

Рисунок 22 – Тормозные жидкости

Тормозная жидкость ГТЖ-22М представляет собой смесь различных гликолей (двухатомных спиртов). Она обладает 74 удовлетворительными вязкостно-температурными и хорошими низкотемпературными свойствами (замерзает при температуре -65 0С), низкой испаряемостью и высокой температурой вспышки; не разрушает резиновые детали. К недостаткам тормозной жидкости ГТЖ-22М следует отнести сильную ядовитость, плохие смазывающие свойства и повышенную гидроскопичность.

Тормозная жидкость Нева на гликолевой основе наиболее распространена; она рекомендуется для большинства легковых автомобилей. Обладает хорошими вязкостно-температурными свойствами (вязкость при 50 0С не менее 5 сСт), хорошо растворяет воду, однородность водной смеси сохраняется до -40 0С и ниже. Тормозная жидкость Нева огнеопасна, попадание ее на кожу человека приводит к дерматитам.

Тормозная жидкость БСК представляет собой смесь 50% касторового масла и 50% бутилового спирта. Касторовое масло придает жидкости хорошую смазывающую способность. Жидкость не вызывает большого набухания или размягчения резиновых уплотнительных деталей тормозной системы. Тормозная жидкость БСК обладает неудовлетворительными вязкостно-температурными свойствами, поэтому ее рекомендуют применять только в средней полосе. К недостаткам спиртокасторовой смеси относится высокая температура кристаллизации касторового масла (кристаллизация начинается при 5 0С и интенсивно протекает при -20 0С). В результате этого образуются сгустки, которые вызывают закупоривание трубопроводов гидравлического привода и отказ тормозов автомобиля. Применять Жидкость БСК при температуре окружающего воздуха ниже -20 0С не рекомендуется. Следует оберегать жидкость БСК от попадания воды, что может привести к расслоению жидкости.

Жидкость ЭСК представляет собой смесь 60% касторового масла и 40% этилового спирта, окрашенную в красный цвет. Жидкость Томь представляет собой смесь гликолей и эфиров борной кислоты, применяется для гидравлических тормозов легковых и грузовых автомобилей. Обладает небольшой гидроскопичностью и хорошими противоизносными и антикоррозионными свойствами. Нельзя смешивать тормозные жидкости, изготовленные на касторовой и гликолевой основах, так как это приводит к ухудшению эксплуатационных качеств.

Проведение испытаний.

Выполняют три определения.

Определение марки жидкости по цвету. Цвет тормозных жидкостей указан на рисунке 22.

Проверка тормозных жидкостей на смешивание. Если марка гидравлической жидкости, залитой в тормозную систему, неизвестна, то делают пробу на смешивание. В пробирку наливают равное количество жидкости, взятой из тормозной системы, и той, которую предполагается доливать в систему. Затем жидкости взбалтывают. Если произошло расслоение смеси, то жидкости изготовлены на разных основах и доливать жидкость в тормозную систему нельзя.

Проверка образцов жидкости на растворимость в воде и бензине. При добавлении к жидкостям БСК и ЭСК воды они расслаиваются, а гликолевые жидкости полностью смешиваются с водой. При добавлении бензина к касторовой жидкости они полностью перемешиваются и образуют однородную смесь. Гликолевые жидкости не смешиваются с бензином, получаются два разнородных слоя

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема: Технология приготовления электролита

Цель работы: научиться составлять пропорции серной кислоты и дистиллированной воды при приготовлении электролита с учетом правил техники безопасности.

В числе других химических продуктов в автохозяйствах широко используются серная и соляная кислоты, каустическая и кальцинированная сода.

Серная кислота (H_2SO_4) используется в автохозяйствах главным образом для приготовления электролита кислотных аккумуляторов, представляющего собой раствор серной кислоты в дистиллированной воде, причем выпускается специальная серная кислота сорта А и Б, содержащая меньшее количество механических примесей, чем обычная техническая серная кислота.

Техническая серная кислота используется для составления электролита при хромировании и омеднении деталей и др.

Чистая безводная серная кислота – бесцветная вязкая тяжелая жидкость. При обычной температуре – не летуча и не имеет запаха. Серная кислота, содержащая 95 % H_2SO_4 и 5 % воды (H_2O), имеет плотность 1,84 г/см³.

Серная кислота обладает сильными окислительными свойствами и обугливает органические вещества. Она хорошо соединяется с водой и поглощает водяные пары из воздуха, соединение протекает бурно, с выделением большого количества тепла.

Аккумуляторная серная кислота имеет плотность 1,83 г/см³, а плотность электролита в зависимости от климатической зоны и типа аккумуляторной батареи колеблется от 1,25 до 1,31 г/см³.

В северных районах содержание кислоты в электролите, а следовательно, и его плотность должны быть более высокими, чем в южных, чтобы не допустить замерзания электролита. Электролит плотностью 1,31 г/см³ не замерзает даже при температуре минус 60°C, а при плотности 1,15 г/см³ замерзает уже при минус 14°C.

Плотность электролита замеряется ареометром с резиновой грушей. Плотность изменяется с изменением температуры, и путем расчета на основании температурной поправки плотность приводится к 20°C.

Для приготовления электролита нужной плотности в целях большей безопасности рекомендуется вначале крепкую серную кислоту разбавить дистиллированной водой до плотности 1,4 г/см³, а затем готовить из нее электролит. Количество серной кислоты или раствора плотности 1,4 г/см³, необходимое для приготовления электролита данной плотности при 20°C, можно определить по данным таблицы.

Состав электролита

Плотность электролита при 20°C	На 1 л воды добавить серной кислоты плотностью 1,83 г/см ³ при 20°C	На 1 л раствора серной кислоты плотностью 1,4 г/см ³ при 20°C, добавить воды, л
1,22	0,255	0,820
1,24	0,295	0,670
1,25	0,300	0,600
1,28	0,365	0,430
1,30	0,405	0,330
1,31	0,425	0,290
1,4	0,650	0,000

При приготовлении электролита нужно вливать только кислоту (в том числе и разбавленную) в воду, но не наоборот, так как происходит вскипание воды и разбрызгивание капель горячей кислоты. В случае попадания на кожу серная кислота вызывает сильные ожоги. Поэтому при работе с серной кислотой следует надевать очки, резиновые перчатки, резиновый передник и резиновые сапоги. Попадшую на тело серную кислоту нужно сейчас же смыть большим количеством воды, а затем слабым раствором питьевой соды или нашатырного спирта.

Соляная кислота (HCl) применяется для удаления накипи в системе охлаждения, для травления поверхности деталей перед лужением и пайкой, для приготовления электролита при омеднении и др.

Соляная кислота является раствором хлористого водорода в воде (до 40 % по весу) и представляет собой бесцветную дымящуюся на воздухе (вследствие выделения хлористого водорода) жидкость. Соляная кислота, применяемая для технических целей, окрашена различными примесями и обычно имеет желтоватый цвет и едкий, удушливый запах. Соляная кислота разрушает металлы. Попадание ее на кожу столь же опасно, как и серной кислоты, поэтому при работе с ней должны соблюдаться те же меры предосторожности.

Каустическая сода (NaOH) или едкий натр используются в виде раствора, главным образом для удаления нагара и грязи с деталей, для их обезвреживания. По внешнему виду каустическая сода представляет собой белое твердое вещество, активно поглощающее из воздуха влагу и углекислый газ. Она поставляется в герметических железных бочках и должна храниться также без свободного доступа воздуха. Попадание твердой каустической соды на кожу вызывает сильные ожоги, поэтому при работе с ней нужно находиться в защитных очках, резиновых перчатках и переднике.

Кальцинированная сода (Ca_2CO_3) используется также для очистки деталей, и прежде всего алюминиевых. Чаще всего кальцинированная сода поступает в автохозяйства в виде белого порошка, но может поставляться и в виде крупных белых кристаллов.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

За правильно выполненный отчет, с ответом на все контрольные вопросы, выставляется отметка пять баллов.

При наличии несущественных ошибок (орфографические ошибки, неаккуратно выполненная работа) общий балл снижается на 10 %.

При наличии существенных ошибок (неверные ответы на контрольные вопросы) отметка снижается до 50 %.

Защита лабораторной или практической работы выполняется письменно и рассчитана на 10 минут. За правильный ответ на каждый вопрос выставляется отметка один балл.

Номер уровня	Номер задания	Цена задания, баллов	Максимальная сумма баллов	Отметка
1	1	1	1	0-1
1	2	1	2	1-2
1	3	1	3	2-3
1	4	1	4	3-4
1	5	1	5	4-5

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Адаскин, А.М. Материаловедение: Учеб. пособие., стер. / А.М. Адаскин, В.М. Зуев – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 276 с.
2. Адаскин, А.М. Материаловедение (Металлообработка): Учеб. пособие. для – нач.проф.образования / А.М. Адаскин– М.: Изд. Центр «Академия», 2009. – 288 с.
3. Кириченко, Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учеб. пособие для сред. проф. Образования / Н.Б. Кириченко – М.: «Академия», 2010. – 208 с.
4. Соколова, Е.Н. Материаловедение (металлообработка): Раб. тетрадь: учеб.пособие для нач. проф. образования. – 2-еизд., стер. / Соколова Е.Н. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 96 с.
5. Чумаченко, Ю.Т. Материаловедение для автомехаников: учебное пособие / Ю.Т. Чумаченко – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 480 с.

Дополнительные источники:

1. Нормы расхода топлив, смазочных материалов на автомобильном транспорте. № Р 3112194- 0366-9 7. Утв. Минтрансом РФ 29. 04. 97.- НИИАТ

Интернет-ресурсы:

1. <http://autogear.ru>
2. <http://toplivo.fittime.ru/>
3. <http://www.coolreferat.com/>
4. <http://stringer46.narod.ru/>