

Министерство образования Иркутской области
ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»

Утверждаю:
Зам. директора по УР
Шпак М.Е.
« 01 » сентября 2017 г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ОП.05 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Специальность СПО: 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Форма обучения: Очная, заочная,

Рекомендована методическим советом
ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»
Заключение методического совета,
протокол № 1 от «1» 09 2017 г.
председатель методсовета
Шпак М.Е.



Бодайбо, 2017

Настоящие задания и методические рекомендации для подготовки специалистов среднего звена Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Иркутской области «Бодайбинский горный техникум» разработаны на основе федерального государственного образовательного стандарта по специальностям среднего профессионального образования (далее – СПО), утвержденного:

Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 831 от 28 июля 2014 г., зарегистрированного Министерством юстиции (рег. № 33635 от 19 августа 2014 г.), а также на основе примерной программы, правообладатель: ФГАУ «Федеральный институт развития образования» для специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

Организация-разработчик: ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»

Разработчики:

Н. М. Гомзякова, преподаватель общепрофессиональных дисциплин.

Рассмотрено и утверждено на заседании ПЦК
Протокол № 1 от 31.08 2017г.

Гришков Т.С.

Содержание

Пояснительная записка.....	4
Контрольно-оценочные средства (КОС).....	4
Тематический план лабораторных и практических работ	5
Описание лабораторно-практических работ	7
Практическая работа № 1: Изучение особенностей кристаллизации сплавов. Дефекты кристаллической решётки	7
Практическая работа № 2: Изучение диаграмм состояния	12
Практическая работа № 3: Механические свойства металлов и методы их изучения (твёрдость, прочность, пластичность).....	14
Практическая работа № 4: Определение механических свойств чугунов по марке	16
Практическая работа № 5: Определение механических свойств стали по марке.....	18
Лабораторная работа № 1 Исследование действий электрохимической коррозии	23
Практическая работа № 7: Определение физических свойств цветных сплавов	26
Практическая работа № 8: Определение физических свойств чугунов по марке	28
Практическая работа № 9: Определение физических свойств стали по марке.....	29
Лабораторная работа № 2 Исследование качества лакокрасочных материалов для автомобилей.....	30
Практическая работа № 11 Изучение структуры конструкционных материалов (бетоны).....	38
Лабораторная работа № 3 Определение качества бензина, дизтоплива, моторного масла.....	43
Список рекомендуемой литературы.....	64

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине Материаловедение предназначены для студентов по профессиям среднего профессионального образования с учетом профиля подготовки (технический профиль).

В данном методическом пособии приведены указания по выполнению практических и лабораторных работ по темам дисциплины, указаны темы и содержание лабораторных и практических работ, формы контроля по каждой теме и рекомендуемая литература.

Данные рекомендации способствуют развитию общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей. Рекомендованы к использованию при изучении учебной дисциплины Материаловедение в учреждениях среднего профессионального образования с учетом специфики профиля подготовки (технический профиль).

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен

уметь: определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их; определять твердость материалов; определять режимы отжига, закалки и отпуска стали; подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации; подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием) для изготовления различных деталей;

знать: виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов; виды прокладочных и уплотнительных материалов; закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, защиты от коррозии; классификацию, основные виды, маркировку, область применения и виды обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве; методы измерения параметров и определения свойств материалов; основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов; основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства; основные свойства полимеров и их использование; особенности строения металлов и сплавов; свойства смазочных и абразивных материалов; способы получения композиционных материалов; сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием;

Контрольно – оценочные средства.

В современной системе среднего профессионального образования большая роль отводится практико-ориентированному обучению, следовательно, в содержании каждой учебной дисциплины должно быть определенное количество лабораторных и практических работ. Лабораторные и практические работы позволят Вам сформировать практические навыки работы, профессиональные компетенции. Они входят в структуру изучения учебной дисциплины Материаловедение после изучения тем: 1.1. Общие сведения о металлах и сплавах, 1.2 Сплавы железа с углеродом, 1.3 Сплавы цветных металлов, 2.1 Неметаллические материалы, 2.2 Горюче-смазочные материалы и эксплуатационные жидкости.

Лабораторные и практические работы представляют собой элемент учебной дисциплины и оцениваются по критериям, представленным ниже:

Оценка «5» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент показывает системные и полные знания и умения по данному вопросу;
- работа оформлена в соответствии с рекомендациями преподавателя;
- объем работы соответствует заданному;
- работа выполнена точно в сроки, указанные преподавателем.

Оценка «4» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент допускает небольшие неточности или некоторые ошибки в данном вопросе;
- работа оформлена с неточностями в оформлении;
- объем работы соответствует заданному или чуть меньше;
- работа сдана в сроки, указанные преподавателем, или позже, но не более, чем на 1-2 дня.

Оценка «3» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, но в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы или тематика изложена нелогично, не четко представлено основное содержание вопроса;
- работа оформлена с ошибками в оформлении;
- объем работы значительно меньше заданного;
- работа сдана с опозданием в сроках на 5-6 дней.

Оценка «2» выставляется студенту, если:

- не раскрыта основная тема работы;
- работа оформлена не в соответствии с требованиями преподавателя;
- объем работы не соответствует заданному;
- работа сдана с опозданием в сроках больше 7 дней.

Лабораторные и практические работы по своему содержанию имеют определенную структуру. Предлагаем рассмотреть ее: ход работы приведен в начале каждой практической и лабораторной работы; при выполнении практических работ студентами выполняется задание, которое указано в конце работы (пункт «Задание для студентов»); при выполнении лабораторных работ составляется отчет по их выполнению, содержание отчета указано в конце лабораторной работы (пункт «Содержание отчета»).

При выполнении лабораторных и практических работ студентами выполняются определенные правила, рассмотрите их ниже: лабораторные и практические работы выполняются во время учебных занятий. Допускается окончательное оформление лабораторных и практических работ в домашних условиях; разрешается использование дополнительной литературы при выполнении лабораторных и практических работ; перед выполнением лабораторной и практической работы необходимо изучить основные теоретические положения по рассматриваемому вопросу.

Тематический план лабораторно-практических работ (ТЭО, АТМ)

№ п/п	Раздел дисциплины	Тема	Наименование лабораторно-практической работы	Количество часов
				Всего 24ч
1.	Раздел 1: «Основы Металловедения»	Тема 1.1 Общие сведения о металлах и сплавах	Практическая работа № 1 на тему: «Изучение особенностей кристаллизации сплавов. Дефекты кристаллической решётки».	2
2.		Тема 1.2. Сплавы железа с углеродом.	Практическая работа № 2 на тему: «Диаграмма состояния железо – цементит. Решение задач по теме железоуглеродистые стали».	2

3.			Практическая работа № 3 на тему: «Механические свойств металлов и методы их изучения (твёрдость, прочность, упругость)».	2		
4.			Практическая работа № 4 на тему: «Определение механических свойств сталей по марке».	2		
5.			Практическая работа № 5 на тему: «Определение механических свойств чугунов по марке»	2		
6.			Лабораторная работа № 1(6) на тему: «Исследование действий электрохимической коррозии».	2		
7.			Тема 1.3. Сплавы цветных металлов	Практическая работа № 7 «Сплавы цветных металлов. Определение физических свойств цветных сплавов».	2	
8.				Практическая работа № 8 на тему: «Определение физических свойств чугуна по марке	2	
9.				Практическая работа № 9 на тему: «Определение физических свойств стали по марке»	2	
10.			Раздел 2. Конструкционные материалы	Тема 2.1. Неметаллические материалы	Лабораторная работа № 2(10) на тему: Исследование качества лакокрасочных материалов для автомобилей».	2
11.					Практические работа № 11 на тему: «Изучение структуры конструкционных материалов (бетоны)».	2
12	Тема 2.2. Горюче-смазочные материалы и эксплуатационные жидкости.	Лабораторная работа № 3 (12) на тему: «Определение качества бензина, дизельного топлива, моторного масла».			2	

Описание лабораторно - практических работ

Практическая работа № 1

«Изучение особенностей кристаллизации сплавов. Дефекты кристаллической решётки»

Вариант 1

Тема: Изучение особенностей кристаллизации сплавов.

Цель работы: изучить особенности кристаллизации сплавов, научиться решать прямые и обратные задачи с помощью правила фаз Гиббса.

Ход работы:

1. Изучить теоретическую часть.
2. Выполнить задания практической части.

Теоретическая часть.

Кристаллизация сплавов подчиняется тем же закономерностям, что и кристаллизация чистых металлов. Все закономерности, которые изучались для кристаллизации чистых металлов, сохраняются и для сплавов.

Необходимым условием является стремление системы в состояние с минимумом свободной энергии. Особенностью кристаллизации сплавов является то, что для образования зародышей необходимо, чтобы в результате хаотичного движения атомов образовались не только определенные группировки атомов растворителя (расположение атомов в пространстве), но и чтобы в результате этого движения в группировке оказалось необходимое количество растворимого компонента, т.е. при кристаллизации сплавов существенно возрастает роль диффузии.

В сплавах растворитель может менять тип кристаллической решетки (если он склонен к полиморфизму).

Правило фаз Гиббса.

Состояние сплава определяется тремя факторами: температура, T ; давление, P ; концентрация, C .

Числом степеней свободы системы называется количество факторов, которые можно произвольно изменить без изменения числа фаз системы.

$$C = K - \Phi + \Pi$$

C - число степеней свободы

K - количество компонентов

Φ - число фаз

Π - число факторов, влияющих на состояние системы

$C = K - \Phi + 3$, для любых превращений (см. выше, мы указали, что на состояние влияют три фактора).

Если применять правило фаз для известного сплава, то концентрация, как фактор отсутствует, кроме того известно, что давление практически не оказывает влияния на фазовые превращения в системе, значит число степеней свободы, будет вычисляться по формуле: $C = K - \Phi + 1$

С помощью правила фаз Гиббса можно решать 2 типа задач:

1. Прямая задача: данное правило определяет может ли система иметь степени свободы при данном фазовом состоянии, т.е. может ли температура меняться при сохранении имеющегося количества фаз или же она должна оставаться постоянной.

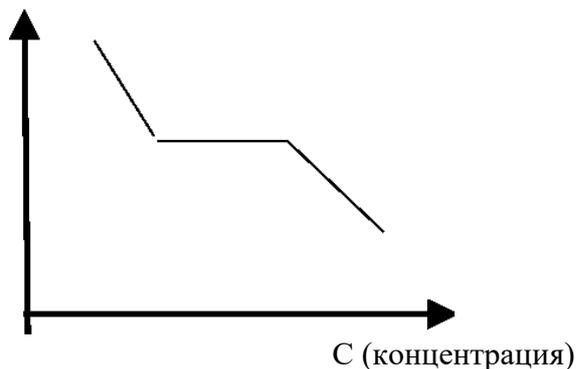
2. Обратная задача: по характеру изменения температуры можно определить имеющееся количество фаз или компонентов.

Например: определите характер изменения температуры при кристаллизации чистого металла:

ж → жидкость + твердая фаза → твердая фаза

Φ	1	2	1
C	1	0	1

T, °C (температура)



Практическая часть.

Задание для студентов:

1. Запишите название и цель работы.
2. Какими особенностями обладает кристаллизация сплава по сравнению с чистыми металлами?
3. Какими факторами определяется состояние сплава?
4. В чем заключается правило фаз Гиббса?
5. Определите характер изменения температуры при кристаллизации твердого раствора, состоящего из компонентов А и Б.

Вариант 2

Тема: Дефекты кристаллической решётки

Цель работы: Изучить теоретический материал по теме работы, получить представление о видах дефектов в кристаллах и их влиянии на прочность материалов, ответить на вопросы индивидуального задания.

Основные сведения по теме работы

Идеальные кристаллы в природе не встречаются. Реальные кристаллы, в том числе металлы, всегда имеют отклонения от правильного строения, или дефекты. Дефекты кристаллического строения классифицируют по геометрическому признаку - по размерам вызываемых ими нарушений периодичности кристаллической решётки.

Различают **точечные, линейные, поверхностные и объёмные дефекты**.

1) *Точечными* называют дефекты, которые малы во всех трёх пространственных направлениях, т. е. соизмеримы с межатомным расстоянием. Это **вакансии, межузельные атомы, примеси замещения и внедрения**.

Вакансия - это отсутствие атома в узле кристаллической решетки, «пустое место». Атомы вокруг вакансии сближаются, так как в этом месте силы притяжения между атомами превышают силы отталкивания: $F_{пр} > F_{отг}$. Кристалл как бы сжимается, стремится «залечить» дефект. Смещение атомов вокруг вакансии упрощённо показано на рис. 1.1, *a*.

Вакансии играют огромную роль в процессах диффузии: они способствуют движению атомов внутри металла. Число их растёт с увеличением температуры: атомы с поверхности металла могут переходить в окружающую среду, получив дополнительную энергию, а образовавшиеся вакансии продвигаются вглубь металла.

Межузельный атом - это собственный, «родной» атом металла, выбитый из узла. Их всегда меньше,

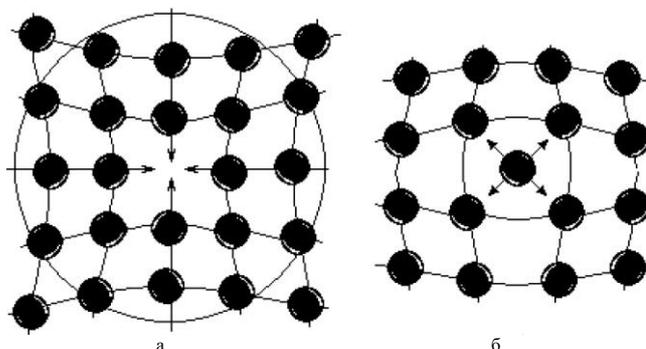


Рис. 1.1. Точечные дефекты: вакансия (*a*) и межузельный атом (*б*)

чем вакансий. Вокруг межузельного атома соседи раздвигаются: здесь. $F_{отг} > F_{пр}$ (см. рис. 1.1, б).

Примесной атом, или *примесь* - это атом другого, «чужого» вещества, попавшего в металл (обычно из руды при выплавке). Примесные атомы могут замещать собственные в узлах кристаллической решётки (*примесь замещения*) или занимать поры между ними (*примесь внедрения*). Примесные атомы искажают решётку сильнее, чем собственные межузельные атомы, что упрощённо показано на рис. 1.2.

Из всех точечных дефектов существенное влияние на прочность металла оказывают только примеси, особенно примеси внедрения. Они затрудняют пластическую деформацию металла, поэтому повышают прочностные характеристики.

2) *Линейными* называют дефекты, которые малы только в двух пространственных направлениях, а в третьем имеют протяжённость в тысячи и миллионы межатомных расстояний. Эти дефекты называют *дислокациями*. Дислокации бывают краевые, винтовые и смешанные.

Краевая дислокация - это область под краем незавершённой, недостроенной атомной плоскости в металле. (Можно сказать и «над краем», так как понятия «низ» и «верх» в тонкой структуре металла не имеют значения.) Недостроенная плоскость является как бы «лишней», нарушающей идеальную структуру металла (рис. 1.3, а). Ее называют *экстраплоскостью*.

Краевая дислокация может возникнуть при воздействии силы P , деформирующей кристалл: в верхней части кристалла сдвиг прошёл до линии AB , а левее этой линии кристалл остался недеформированным.

Возникла экстраплоскость; её край AB и есть линия краевой дислокации (см. рис. 1.3, б).

У края экстраплоскости создается разрежение атомов, поэтому ближайшие к нему атомы сдвигаются в сторону отсутствующего ряда. Решётка здесь стремится сжаться, «закрыть» дефект. Область искажения решётки мала в двух направлениях, а в третьем может проходить через весь кристалл. Можно представить краевую дислокацию как трубку диаметром в 2-3 межатомных расстояния, но очень большой длины. В эту разреженную область должны стремиться атомы примесей, так как это энергетически выгодно.

Винтовая дислокация подобна винтовой лестнице; это атомная плоскость, закрученная в спираль и ставшая винтовой поверхностью. Условно можно представить, что винтовая дислокация возникает, если надрезать кристалл до какой-то прямой AB , а затем сдвинуть одну надрезанную половинку вниз относительно

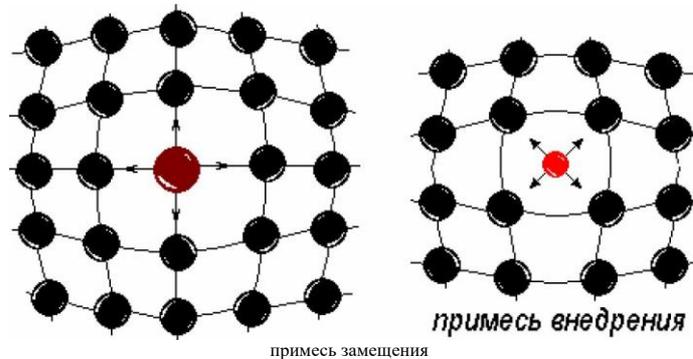


Рис. 1.2. Точечные дефекты: примесные атомы

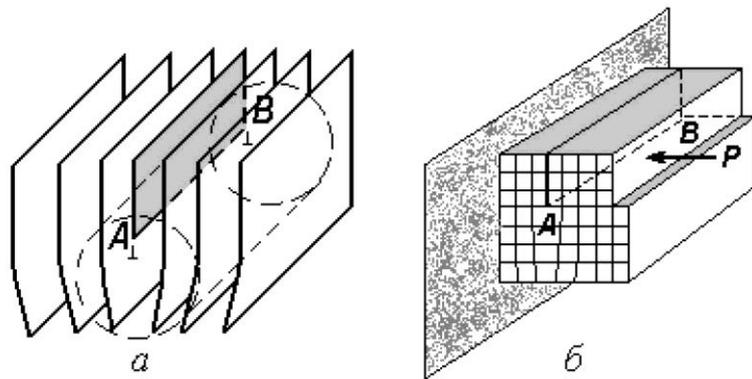


Рис. 1.3. Краевая дислокация (а) и возникновение дислокации при сдвиге (б)

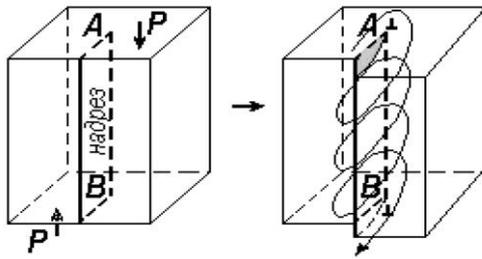


Рис. 1.4. Винтовая дислокация

другой на одно межатомное расстояние. В области надреза образуется ступенька на каждой атомной плоскости. Получается, что весь кристалл представляет собой винтовую поверхность, «закрученную» вокруг линии AB (рис. 1.4).

Чаще всего встречаются *смешанные дислокации*: краевая и винтовая переходят одна в другую. На рис. 1.5 AB - линия смешанной дислокации.

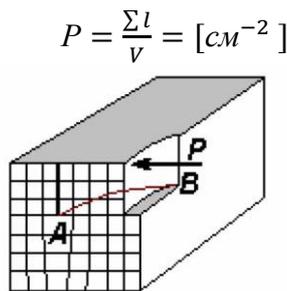


Рис. 1.5. Смешанная дислокация

Количество дислокаций в металле характеризуют их плотностью. *Плотность дислокаций* ρ - это суммарная их длина в единице объёма:

Дислокации возникают при зарождении и росте кристаллов, а также при деформации.

Дислокации играют важнейшую роль в теории прочности, пластичности и разрушения металлов. Влияние их на прочность неоднозначно: с появлением дислокаций прочность идеального кристалла резко снижается, но при очень большой их плотности снова начинает расти (см. рис.

1.6).

3) *Поверхностными* называют дефекты, которые малы в одном направлении, а в двух других - намного больше межатомного расстояния.

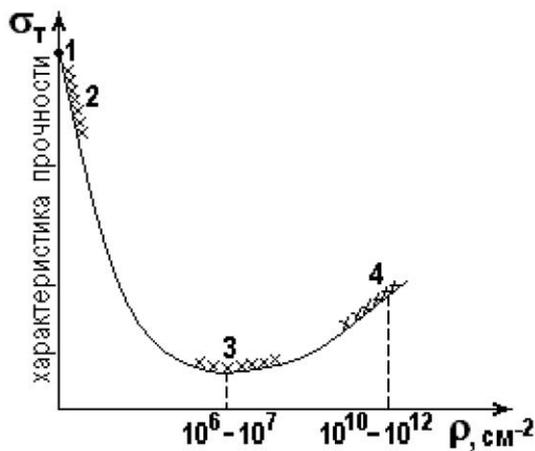


Рис. 1.6. Влияние плотности дислокаций на прочность:

1 - идеальный кристалл; 2 - «усы», кристаллы с минимальной плотностью дефектов; 3 - отожжённые металлы; 4 - сильно деформированные металлы с высокой плотностью дислокаций.

Это *границы зёрен* в поликристаллах, границы субзёрен и двойников (рис. 1.7). Внешние поверхности металлических изделий также являются поверхностными дефектами с особым строением.

Угол разориентировки между двумя соседними зёрнами может быть любым, а между двумя субзёрнами в зерне - не более 6° .

Очень важно хорошо представлять, что граница зерна - это не «стена» из чего-то между соседними зёрнами и не пустота между ними. Это область, где нарушается строго

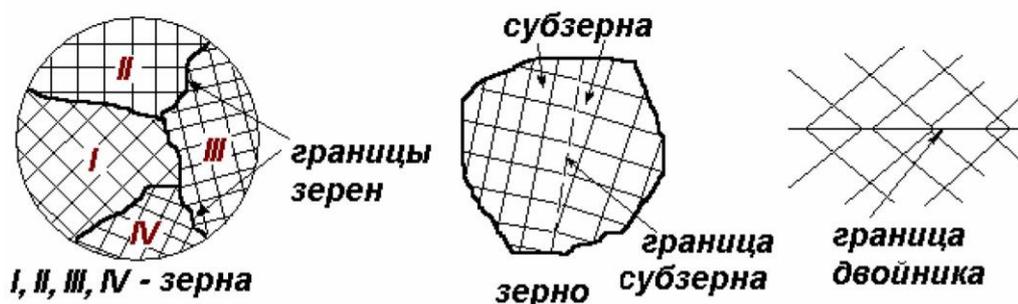


Рис. 1.7. Поверхностные дефекты: границы зёрен, субзёрен и двойников

упорядоченное строение металла: атомные плоскости в одном зерне не имеют продолжения в соседнем, там атомные плоскости расположены в другом направлении.

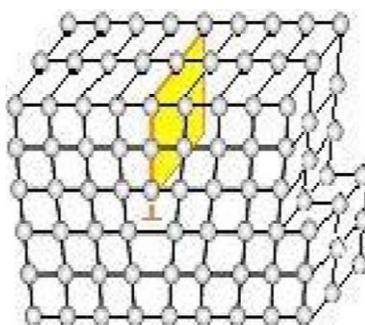
Надо также не забывать, что границы зёрен - не линии, хотя именно так мы видим их на отполированной и протравленной поверхности металла. Это поверхности раздела между зёрнами, представляющими собой неправильные многогранники. Каждое зерно как бы «завёрнуто» в свою границу.

Влияние поверхностных дефектов на прочность металла велико: границы зёрен и субзёрен являются препятствиями для развития деформации, а значит - упрочняют металл. Чем больше поверхность границ в единице объёма, тем прочнее металл.

4) *Объёмные* дефекты во всех трёх измерениях намного больше межатомного расстояния. Это раковины, поры, зародыши трещин, неметаллические включения. Все объёмные дефекты являются очагами возможного разрушения, т. е. влияют на прочность отрицательно. По сути, эти дефекты - брак литейного производства и других видов обработки.

Пример задания для практической работы

1. По какому признаку классифицируются дефекты кристаллического строения?
1. Какой это эффект?
2. Как дислокации влияют на прочность металла?
3. Объёмные дефекты кристаллического строения - это ...



Практическая работа № 2.

Тема: «Изучение диаграмм состояния»

Цель работы: ознакомление студентов с основными видами диаграмм состояния, их основными линиями, точками, их значением.

Ход работы:

1. Изучите теоретическую часть.
2. Выполните задания практической части.

Теоретическая часть.

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния любого сплава изучаемой системы в зависимости от концентрации и температуры (см.рис. 1)

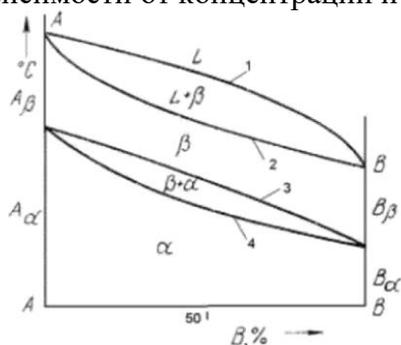


Рис.1 Диаграмма состояния

Диаграммы состояния показывают устойчивые состояния, т.е. состояния, которые при данных условиях обладают минимумом свободной энергии, и поэтому ее также называют диаграммой равновесия, так как она показывает, какие при данных условиях существуют равновесные фазы.

Построение диаграмм состояния наиболее часто осуществляется при помощи термического анализа.

В результате получают серию кривых охлаждения, на которых при температурах фазовых превращений наблюдаются точки перегиба и температурные остановки.

Температуры, соответствующие фазовым превращениям, называют критическими точками. Некоторые критические точки имеют названия, например, точки отвечающие началу кристаллизации называют точками *ликвидус*, а концу кристаллизации - точками *солидус*.

По кривым охлаждения строят диаграмму состава в координатах: по оси абсцисс - концентрация компонентов, по оси ординат - температура.

Шкала концентраций показывает содержание компонента *B*. Основными линиями являются линии ликвидус (1) и солидус (2), а также линии соответствующие фазовым превращениям в твердом состоянии (3, 4).

По диаграмме состояния можно определить температуры фазовых превращений, изменение фазового состава, приблизительно, свойства сплава, виды обработки, которые можно применять для сплава.

Ниже представлены различные типы диаграмм состояния:

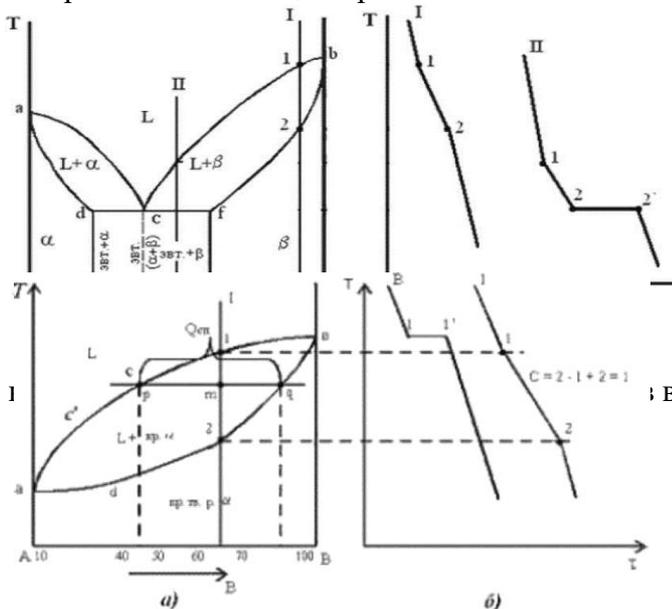


Рис.3. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения типичных сплавов (б).

Практическая часть.

Задание для студентов:

1. Запишите название работы и ее цель.
2. Запишите что такое диаграмма состояния.

Ответьте на вопросы:

1. Как строится диаграмма состояния?
2. Что можно определить по диаграмме состояния?
3. Какие названия имеют основные точки диаграммы?
4. Что указывается на диаграмме по оси абсцисс? Оси ординат?
5. Как называются основные линии диаграммы?

Задание по вариантам:

Студенты отвечают на одни и те же вопросы, различными являются рисунки, по которым необходимо отвечать.

1 вариант дает ответы по рисунку 2,

2 вариант дает ответы по рисунку 3.

Рисунок необходимо зафиксировать в тетрадь.

1. Как называется диаграмма?
2. Назовите, сколько компонентов участвуют в образовании сплава?
3. Какими буквами обозначены основные линии диаграммы?

Содержание отчёта:

1. Теоретическая часть (краткий конспект по теме с рисунками);
2. Ответы на вопросы,

Практическая работа № 3

Тема: «Механические свойства металлов и методы их изучения (твердость, прочность, пластичность)»

Цель работы: изучить механические свойства металлов, методы их изучения.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретическими положениями.
2. Выполните задание преподавателя.
3. Составьте отчет в соответствии с заданием.

Теоретическая часть.

Твердостью называют способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого тела.

При испытаниях на твердость тело, внедряемое в материал и называемое *индентором*, должно быть более твердым, иметь определенные размеры и форму, не должно получать остаточной деформации. Испытания на твердость могут быть статическими и динамическими. К первому виду относятся испытания методом вдавливания, ко второму - методом ударного вдавливания. Кроме того, существует метод определения твердости царапанием - склерометрия.

По значению твердости металла можно составить представление об уровне его свойств. Например, чем выше твердость, определенная вдавливанием наконечника, тем меньше пластичность металла, и наоборот.

Испытания на твердость по методу вдавливания *состоят в том, что в образец под действием нагрузки вдавливают индентор* (алмазный, из закаленной стали, твердого сплава), имеющий форму шарика, конуса или пирамиды. После снятия нагрузки на образце остается отпечаток, измерив величину которого (диаметр, глубину или диагональ) и сопоставив ее с размерами индентора и величиной нагрузки, можно судить о твердости металла.

Твердость определяется на специальных приборах - твердомерах. Наиболее часто твердость определяют методами Бринелля (СТ СЭВ 468 -77, ГОСТ 9012-59) и Роквелла (СТ СЭВ 469-77, ГОСТ 9013-59).

Существуют общие требования к подготовке образцов и проведению испытаний этими методами:

1. Поверхность образца должна быть чистой, без дефектов.
2. Образцы должны быть определенной толщины. После получения отпечатка на обратной стороне образца не должно быть следов деформации.
3. Образец должен лежать на столике жестко и устойчиво.
4. Нагрузка должна действовать перпендикулярно поверхности образца.

Определение твердости по Бринеллю.

Твердость металла по Бринеллю определяют вдавливанием в образец закаленного стального шарика (рис. 1) диаметром 10; 5 или 2,5 мм и выражают числом твердости НВ, полученным делением приложенной нагрузки P в Н или кгс ($1\text{Н} = 0,1\text{кгс}$) на площадь поверхности образовавшегося на образце отпечатка F в мм^2 :

$\text{НВ} = P/F$ [$\text{Н}/\text{мм}^2$] ($1\text{Н}/\text{мм}^2 = 1\text{МПа} \ll 0,1\text{кгс}/\text{мм}^2$), $F = \kappa D h$, где D - диаметр шарика, мм; h - глубина отпечатка, мм.

Глубину отпечатка h измерить трудно, гораздо проще определить диаметр d . Тогда $h = (D - \sqrt{D^2 - d^2})/2$, а число твердости по Бринеллю находится по

формуле $\text{НВ} = 2P/\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})$

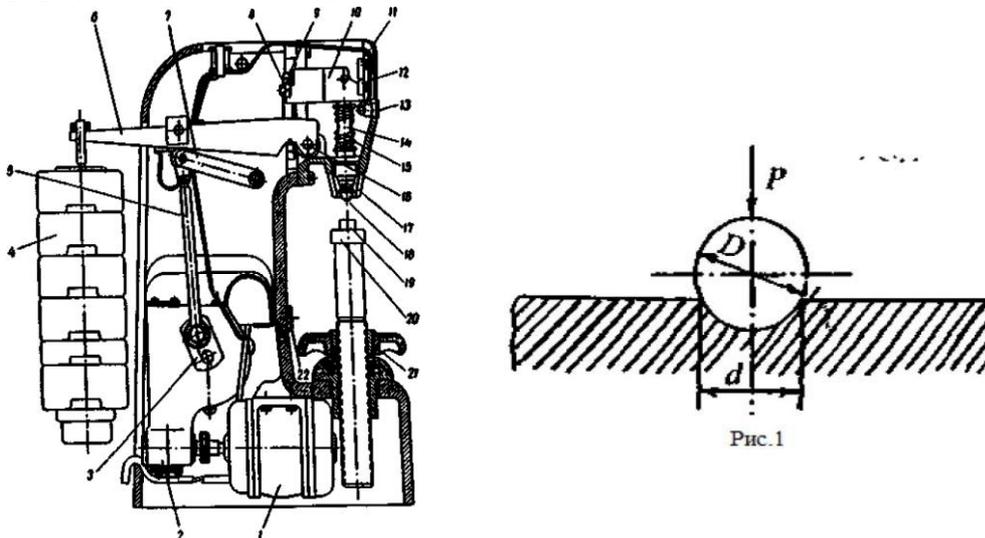


Рис.1

На практике величину твердости по Бринеллю часто не высчитывают, пользуются специально составленной таблицей. Зная нагрузку, диаметры шарика и отпечатка, по этой таблице можно определить число твердости НВ. Между числами твердости по Бринеллю и пределом прочности при растяжении металлов σ_b существует приближенная зависимость $\sigma_b \approx k \cdot \text{НВ}$ [$\text{кгс}/\text{мм}^2$], где k - коэффициент, определяемый опытным путем.

Коэффициент k имеет следующие значения:

Сталь, НВ ≤ 175	0,34
Сталь, НВ > 175	0,36
Алюминий отожжённый	0,40
Дюралюминий	0,37
Медь холоднокатанная	0,35
Медь отожжённая	0,48
Сплавы меди (бронзы, латуни)	0,40

Прибором для определения твердости металлов по Бринеллю является рычажно-механический прибор ТШ-2 (рис.2)

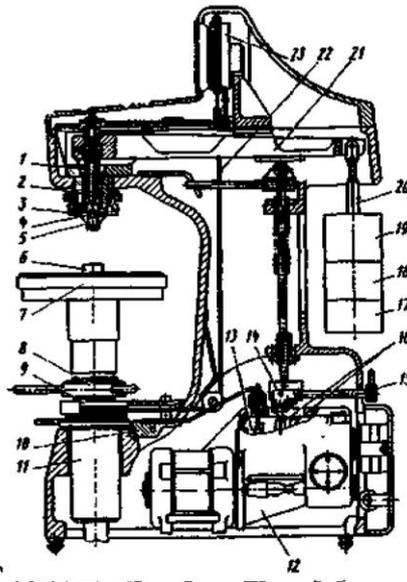
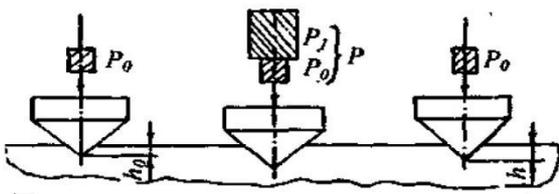


Рис. 4 . Прибор ТК-2:

1 – шпindelь; 2 - пружина; 3 - ограничитель на чехол; 4 - винт; 5 – оправка с индентором; 6 - образец; 7 - стол; 8 – маховик; 9 - барабан; 10 - клавиша; 11 - винт; 12 - привод; 13 - тумблер; 14 - шток; 15 - рукоятка; 16 - кулачковый блок; 17-19 – грузы; 20 – подвеска; 21 - грузовой рычаг; 22 - тросик; 23 - индикатор со шкалами А, В, С

Определение твердости по Роквеллу.

По методу Роквелла твердость металлов определяют вдавливанием в испытуемый образец шарика из закаленной стали диаметром 1,588 мм или алмазного конуса с углом при вершине 120° под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок: предварительной $P_0 = 10$ кгс и общей P , равной сумме предварительной P_0 и основной P_1 нагрузок (рис.3).



Общая нагрузка P при определении твердости вдавливанием стального шарика составляет 100 кгс, а вдавливания алмазного конуса - 150 или 60 кгс.

Числа твердости по Роквеллу обозначают HR и вычисляют по формуле:

$HR = \frac{k - (h - h_0)}{c}$, где h_0 - глубина внедрения наконечника (мм) под действием предварительной

нагрузки P_0 ; h - глубина внедрения наконечника (мм) под действием общей нагрузки P после ее снятия и оставления предварительной нагрузки P_0 ; k - постоянная величина, равная для шарика 0,26 и для алмазного конуса 0,2 ; c - цена деления циферблата индикаторного прибора, соответствующая углублению наконечника на 0,002 мм.

Таким образом, твердость по Роквеллу не имеет размерности и выражается в условных единицах. На практике числа твердости по Роквеллу не вычисляют, а отсчитывают по шкале индикаторного прибора непосредственно в процессе испытания. Значения твердости по Роквеллу могут быть переведены в значения твердости по Бринеллю. Прибор типа ТК-2 для определения твердости по Роквеллу приведен на рис. 4.

Практическая часть.

Задание для студентов.

1. Что называется твердостью?
2. В чем сущность определения твердости?

3. Какие 2 метода определения твердости вы знаете? В чем их отличие?
4. Как необходимо подготовить образец к испытанию?
5. Чем объяснить отсутствие универсального метода определения твердости?
6. Почему из многих механических характеристик материалов наиболее часто определяют твердость?

Содержание отчета.

1. Ответьте на вопросы:
2. Зафиксируйте в тетради схему определения твердости по Бриннелю и по Роквеллу.

Практическая работа № 4:

Тема: «Определение механических свойств чугунов по марке»

Цель: закрепить знания марок чугунов, навыков определения механических свойств по марке с использованием справочной литературы.

Оборудование: образцы чугунов, справочная литература.

Теоретическая часть

Механические свойства материалов характеризуют их способность сопротивляться деформированию и разрушению под действием различного рода нагрузок. Механические нагрузки могут быть статическими, динамическими и циклическими. Кроме того, материалы могут подвергаться деформации и разрушению, как при разных температурных условиях, так и в различных, в том числе агрессивных средах. Для того, чтобы обеспечить надежную работу конкретных машин и приборов, необходимо учитывать условия эксплуатации, т.е. к материалу предъявляют эксплуатационные требования.

К основным механическим свойствам относят: прочность, упругость, ударную вязкость, пластичность, твердость.

Ход работы:

1. Определить вид чугуна по классификации.
2. Расшифровать указанные марки чугуна, определить механические свойства.
3. Привести примеры применения данных марок чугунов для изготовления деталей, агрегатов и узлов автотранспортных средств.

Задание для студентов.

Контрольные вопросы:

1. Что называется чугуном?
2. Чем обусловлены механические свойства высокопрочного чугуна?
3. Каким образом получается ковкий чугун?

Таблица 1.

№ п/п	Тип чугуна	Маркировка	Механические свойства	Вид изделий (деталей, узлов)	Применение
1					
2					
3					
4					
5					

4. Какими параметрами определяются типы чугунов?

Таблица 2.
Химический состав и механические свойства чугунов

Марка	Структура сплава	б _в , МПа	б _{сж} , МПа	Qизг, Н	δ, %	НВ	С, %	Si, %	Mn, %
СЧ10	Ф+Гп	100	-	275	-	185	3,6	2,4	0,7
СЧ25	Ф+П+Гп	250	-	460	-	215	3,3	1,8	0,8
СЧ35	П+Гп	350	-	650	-	235	2,9	1,6	0,9
ВЧ38-17	Ф+Гш	380	240	-	17	155	3,2	1,5	0,4
ВЧ50-7	Ф+П+Гш	500	350	-	7	205	3,2	1,4	0,5
ВЧ1200-2	П+Гш	1200	750	-	2	350	3,2	1,2	0,6
КЧ35-10	Ф+Гх	350	-	-	10	130	2,6	1,2	0,6
КЧ45-7	Ф+П+Г	450	-	-	7	175	2,7	1,1	0,6
КЧ80-1,5	П+Гх	800	-	-	1,5	295	2,8	0,9	0,6

Содержание отчета:

1. Оформить отчет (в форме таблицы).
2. Ответить на вопросы.

Практическая работа № 5:

«Определение механических свойств стали по марке»

Тема: «Изучение углеродистых и легированных конструкционных сталей»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задания практической части.

Теоретическая часть.

Сталь - это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0-2,14%. Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием. Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: **конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.**

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: *серы и фосфора* стали подразделяют на:

- Стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- Высококачественные - до 0,025% серы и фосфора.
- Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Раскисление - это процесс удаления кислорода из стали, т. е. по степени её раскисления, существуют: *спокойные* стали, т. е., полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами "сп" в конце марки (иногда буквы опускаются); *кипящие* стали - слабо раскисленные; маркируются буквами "кп"; *полуспокойные* стали, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы: сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора); сталь группы Б - по химическому составу;

сталь группы В - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Конструкционные стали предназначены для изготовления конструкций, деталей машин и приборов.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их идентификации, однако до настоящего времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Так в России и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Белоруссия и др.) принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов выплавки стали, а цифрами — содержание элементов. До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей.

Маркировка конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества обозначают по ГОСТ 380-94 буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств.

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 к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

Например:

Ст1кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А);

ВСт5Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В);

ВСт0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют).

Маркировка конструкционных углеродистых качественных сталей.

В соответствии с ГОСТ 1050-88 эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05 ; 08 ; 10 ; 25 ; 40, 45 и т.д.

Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются. Например, 08кп, 10пс, 15, 18кп, 20 и т.д.

Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание марганца. Например: 14Г, 18Г и т.д.

Самая распространенная группа для изготовления деталей машин (валы, оси, втулки, зубчатые колеса и т.д)

Например:

10 - конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,1 %, спокойная

45 - конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,45%, спокойная

18 кп - конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0.18%, кипящая

14Г - конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0,14%, спокойная, с повышенным содержанием марганца

Маркировка легированных конструкционных сталей.

- В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв.
 - Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента.
 - Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь.
 - Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа, при содержании легирующего элемента до 1.5% цифра за соответствующей буквой не указывается.
 - Буква А в конце марки указывает на то, что сталь высококачественная (с пониженным содержанием серы и фосфора)
 - Н - никель, Х - хром, К - кобальт, М - молибден, В - вольфрам, Т - титан, Д - медь, Г - марганец, С - кремний.
- Например:
- 12Х2Н4А - конструкционная легированная сталь, высококачественная, с содержанием углерода около 0,12%, хрома около 2%, никеля около 4%
 - 40ХН - конструкционная легированная сталь, с содержанием углерода около 0,4%, хрома и никеля до 1,5%

Маркировка других групп конструкционных сталей.

Рессорно-пружинные стали.

Основной отличительный признак этих сталей - содержание углерода в них должно быть около 0.8% (в этом случае в сталях появляются упругие свойства)

Пружины и рессоры изготавливают из углеродистых (65,70,75,80) и легированных (65С2, 50ХГС, 60С2ХФА, 55ХГР) конструкционных сталей

Эти стали легируют элементами которые повышают предел упругости кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом, ванадием, бором .

Например: 60С2 - сталь конструкционная углеродистая рессорнопружинная, с содержанием углерода около 0,65%, кремния около 2%.

Шарикоподшипниковые стали.

ГОСТ 801-78 маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента.

Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква Ш добавляется также и в конце их наименований через тире. Например: ШХ15, ШХ20СГ, ШХ4-Ш. Из них изготавливают детали для подшипников, также их используют для изготовления деталей, работающих в условиях высоких нагрузок.

Например: ШХ15 - сталь конструкционная шарикоподшипниковая с содержанием углерода 1%, хрома 1,5%

Автоматные стали.

ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы А (автоматная).

Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв АС.

Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей. Например: А20, А40Г, АС14, АС38ХГМ

Например: АС40 - сталь конструкционная автоматная, с содержанием углерода 0,4%, свинца 0,15-0,3% (в марке не указывается)

Практическая часть.

Задание для студентов:

1. Запишите название работы, ее цель.
2. Запишите основные признаки маркировки всех групп конструкционных сталей (обыкновенного качества, качественных сталей, легированных конструкционных сталей, рессорно-пружинных сталей, шарикоподшипниковых сталей, автоматных

сталей), с примерами.

Задание по вариантам:

1. Расшифруйте марки сталей и запишите область применения конкретной марки (т.е. для изготовления чего она предназначена)

	Задание для 1 варианта	Задание для 2 варианта
1.	Ст0	Ст3
2.	БСт3Гпс	ВСт3пс
3.	08	10
4.	40	45
5.	18Х2Н4МА	12ХН3А
6.	30ХГСА	38ХМЮА
7.	70	85
8.	55С2А	60С2Х2
9.	50ХФА	55С2
10.	ШХ4-Ш	ШХ20
11.	A40	A11

Тема: «Изучение углеродистых и легированных инструментальных сталей»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть.

Сталь - это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0-2,14%.

Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: *серы и фосфора* стали подразделяют на: стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора; качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно; высококачественные - до 0,025% серы и фосфора; особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Инструментальные стали предназначены для изготовления различного инструмента, как для ручной обработки, так и для механической.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их идентификации, однако до настоящего

времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Так в России и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Белоруссия и др.) принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов

выплавки стали, а цифрами — содержание элементов. До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей.

Маркировка углеродистых инструментальных сталей.

Данные стали в соответствии с ГОСТ 1435-90 делятся на качественные и высококачественные.

Качественные стали обозначаются буквой У (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали, в десятых долях процента.

Например: У7, У8, У9, У10. У7 - углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода около 0,7%

В обозначения высококачественных сталей добавляется буква А (У8А, У12А и т.д.). Кроме того, в обозначениях как качественных, так и высококачественных углеродистых инструментальных сталей может присутствовать буква Г, указывающая на повышенное содержание в стали марганца.

Например: У8Г, У8ГА. У8А - углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода около 0,8%, высококачественная.

Изготавливают инструмент для ручной работы (зубило, кернер, чертилка и т.д.), механической работы на невысоких скоростях (сверла).

Маркировка легированных инструментальных сталей.

Правила обозначения инструментальных легированных сталей по ГОСТ 5950-73 в основном те же, что и для конструкционных легированных. Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали.

Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, в десятых долях процента, а не в сотых, как для конструкционных легированных сталей.

Если же в инструментальной легированной стали содержание углерода составляет около 1,0%, то соответствующую цифру в начале ее наименования обычно не указывают.

Например: сталь 4Х2В5МФ; ХВГ; ХВЧ.

9Х5ВФ - легированная инструментальная сталь, с содержанием углерода около 0,9%, хрома около 5%, ванадия и вольфрама до 1%

Маркировка высоколегированных (быстрорежущих) инструментальных сталей.

Обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама: В отличие от легированных сталей в наименованиях быстрорежущих сталей не указывается процентное содержание хрома, т.к. оно составляет около 4% во всех сталях, и углерода (оно пропорционально содержанию ванадия).

Буква Ф, показывающая наличие ванадия, указывается только в том случае, если содержание ванадия составляет более 2,5%.

Например: Р6М5, Р18, Р6 М5Ф3.

Обычно из этих сталей изготавливают высокопроизводительный инструмент: сверла, фрезы и т.д. (для удешевления только рабочую часть) Например: Р6М5К2 - быстрорежущая сталь, с содержанием углерода около 1%, вольфрама около 6%, хрома около 4%, ванадия до 2,5%, молибдена около 5%, кобальта около 2%.

Практическая часть.

Задание для студентов:

1. Запишите название работы, ее цель.
2. Запишите основные принципы маркировки всех групп инструментальных сталей

(углеродистых, легированных, высоколегированных)

Задание по вариантам:

1. Расшифруйте марки сталей и запишите область применения конкретной марки (т.е. для изготовления чего она предназначена)

	Задание для 1 варианта	Задание для 2 варианта
1.	У8	У9
2.	У13А	У8А
3.	Х	9ХС
4.	ХВСГ	ХВГ
5.	Р18	Р6
6.	Р6М5	Р6М5Ф3

Содержание отчёта:

1. Краткий конспект;
2. Оформить отчёт в виде таблицы.

Лабораторная работа № 1 (6)

Тема: "Исследование действий электрохимической коррозии"

Цель работы:

1. Формирование знаний о действии электрохимической коррозии на металлы.
2. Формирование умения выбирать способы электрохимической коррозии материалов для профессиональной деятельности;

Теоретическая часть

Под *электрохимической коррозией* подразумевают процесс взаимодействия металлов с электролитами в виде водных растворов, реже с неводными электролитами, например, с некоторыми органическими электропроводными соединениями или безводными расплавами солей при повышенных температурах.

Рассмотрим схему этого процесса. Сложность его заключается в том, что на одной и той же поверхности происходят одновременно два процесса, противоположные по своему химическому смыслу: окисление металла и восстановление окислителя. Оба процесса должны протекать сопряженно, чтобы сохранялось равенство числа электронов, отдаваемых металлом и присоединяющихся к окислителю в единицу времени. Только в этом случае может наступить стационарное состояние. По такому принципу протекают, например, взаимодействие металла с кислотами.

Электрохимическая коррозия часто связана с наличием в металле случайных примесей или специально введенных легирующих добавок. Многие химики в своё время были озадачены тем, что иногда реакция не протекает. Было выяснено, что в такой ситуации в раствор нужно добавить немного сульфата меди (II) (медного купороса). В этом случае на поверхности цинка выделится медь и водород начнёт бурно выделяться. При объяснении данного явления в 1830 году швейцарским химиком А. де-ля Ривом была создана первая электрохимическая теория коррозии.

В 1800 году, вскоре после открытия итальянцем Л. Гальвани электрохимического явления, его соотечественник А. Вольта сконструировал источник электрического тока - гальванический элемент, что открыло человечеству эру электричества. В одном из вариантов источник состоял из чередующихся медных и цинковых дисков, разделенных пористым материалом и пропитанных раствором соли. В зависимости от числа дисков получается ток

различной силы.

Итак, процессы электрохимической коррозии протекают по законам электрохимической кинетики, когда общая реакция взаимодействия может быть разделена на следующие, в значительной степени самостоятельные, электродные процессы:

- *анодный процесс* - переход металла в раствор в виде ионов (в водных растворах, обычно гидратированных) с оставлением эквивалентного количества электронов в металле;
- *катодный процесс* - ассимиляция появившихся в металле избыточных электронов депполяризаторами.

Различают коррозию с водородной, кислородной или окислительной депполяризацией. При наличии в растворе газообразного кислорода и невозможностью протекания процесса коррозии с водородной депполяризацией основную роль депполяризатора выполняет кислород. Коррозионные процессы, у которых катодная депполяризация осуществляется растворенным в электролите кислородом, называют процессами коррозии металлов с *кислородной депполяризацией*. Это наиболее распространенный тип коррозии металла в воде, в нейтральных и даже в слабокислых солевых растворах, в морской воде, в земле, в атмосфере воздуха.

Коррозия металла с кислородной депполяризацией в большинстве практических случаев происходит в электролитах, соприкасающихся с атмосферой, парциальное давление кислорода в которой равно 0,21 атм.

Каждый процесс с кислородной депполяризацией включает следующие последовательные стадии.

1. Растворение кислорода в электролите.
2. Транспортировка растворенного кислорода в растворе электролита (за счет диффузии или перемешивания).
3. Перенос кислорода в результате движения электролита.
4. Перенос кислорода в диффузионном слое электролита или в пленке продуктов коррозии металла к катодным участкам поверхности.
5. Ионизация кислорода:

В реальных условиях коррозии металла наиболее затрудненными стадиями процесса являются:

Реакция ионизации кислорода на катоде. Возникающую при этом поляризацию называют перенапряжением кислорода. Говорят, что процесс идет с кинетическим контролем.

Диффузия кислорода к катоду, либо перенапряжение диффузии. В этом случае, говорят, что процесс идет с диффузионным контролем.

Возможны случаи, когда обе стадии - ионизация кислорода и диффузия кислорода оказывают влияние на процесс. Тогда говорят, о кинетически-диффузионном контроле.

Сущность первой электрохимической теории состояла в том, что примеси в металлах создают микрогальванические элементы, в которых происходит перетекание электронов от анодных участков к катодным. Поскольку катодный и анодный процессы разделены на поверхности, то разделены и противоположные потоки ионов, атомов и молекул. Разделенные потоки не мешают друг другу, и по этой причине процесс коррозии протекает быстрее, чем в случае микрогальванических элементов.

Конечно, в настоящее время теории электрохимической коррозии выглядят гораздо более совершенными. Они основаны на многочисленных экспериментальных фактах и выражены в математической форме.

Различают следующие типы электрохимической коррозии, имеющие наиболее важное практическое значение.

1. *Коррозия в электролитах*. К этому типу относятся коррозия в природных водах (морской и пресной), а также различные виды коррозии в жидких средах. В зависимости от характера среды различают:

- а) кислотную;
- б) щелочную;
- в) солевую;
- г) морскую коррозию.

По условиям воздействия жидкой среды на металл этот тип коррозии также характеризуется как:

- *коррозия при полном погружении;*
- *при неполном погружении;*
- *при переменном погружении.*

Каждый из этих подтипов имеет свои характерные особенности.

2. *Почвенная (грунтовая, подземная) коррозия* - воздействие на металл грунта, который в коррозионном отношении должен рассматриваться как своеобразный электролит. Характерной особенностью подземной электрохимической коррозии является большое различие в скорости доставки кислорода (основной деполяризатор) к поверхности подземных конструкций в разных почвах (в десятки тысяч раз). Значительную роль при коррозии в почве играет образование и функционирование макрокоррозионных пар вследствие неравномерной аэрации отдельных участков конструкции, а также наличие в земле блуждающих токов. В ряде случаев на скорость электрохимической коррозии в подземных условиях оказывает существенное влияние также развитие биологических процессов в почве.

3. *Атмосферная коррозия* - коррозия металлов в условиях атмосферы, а также любого влажного газа; наблюдается под конденсационными видимыми слоями влаги на поверхности металла (*мокрая атмосферная коррозия*) или под тончайшими невидимыми адсорбционными слоями влаги (*влажная атмосферная коррозия*). Особенностью атмосферной коррозии является сильная зависимость ее скорости и механизма от толщины слоя влаги на поверхности металла или степени увлажнения образовавшихся продуктов коррозии.

4. *Коррозия в условиях механического воздействия.* Этому типу разрушения подвергаются многочисленные инженерные сооружения, работающие как в жидких электролитах, так и в атмосферных и подземных условиях. Наиболее типичными видами подобного разрушения являются:

- *Коррозионное растрескивание;* при этом характерно образование трещин, которые могут распространяться не только межкристалльно, но также и транскристалльно. Примером подобного разрушения является щелочная хрупкость котлов, сезонное растрескивание латуней, а также растрескивание некоторых конструкционных высокопрочных сплавов.
- *Коррозионная усталость,* вызываемая воздействием коррозионной среды и знакопеременных или пульсирующих механических напряжений. Этот вид разрушения также характеризуется образованием меж- и транскристаллитных трещин. Разрушения металлов от коррозионной усталости встречаются при эксплуатации различных инженерных конструкций (валов гребных винтов, рессор автомобилей, канатов, штанг глубинных насосов, охлаждаемых валков прокатных станков и др.).
- *Коррозионная кавитация,* являющаяся обычно следствием энергичного механического воздействия коррозионной среды на поверхность металла. Подобное коррозионно-механическое воздействие может приводить к весьма сильным местным разрушениям металлических конструкций (например, для гребных винтов морских судов). Механизм разрушения от коррозионной кавитации близок к разрушению от поверхностной коррозионной усталости.
- *Коррозионная эрозия,* вызываемая механическим истирающим воздействием другого твердого тела при наличии коррозионной среды или непосредственным истирающим действием самой коррозионной среды. Это явление иногда называют также *коррозионным истиранием или фреттинг-коррозией.*

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

Проблема защиты металлов от коррозии возникла почти в самом начале их использования. Люди пытались защитить металлы от атмосферного воздействия с помощью жира, масел, а позднее и покрытием другими металлами и, прежде всего, легкоплавким оловом. В трудах древнегреческого историка Геродота (V век до нашей эры) уже имеется упоминание о применении олова для защиты железа от коррозии

Задачей химиков было и остается выяснение сущности явлений коррозии, разработка мер, препятствующих или замедляющих её протекание. Коррозия металлов осуществляется в соответствии с законами природы и поэтому ее нельзя полностью устранить, а можно лишь замедлить.

В зависимости от характера коррозии и условий ее протекания применяются различные методы защиты. Выбор того или иного способа определяется его эффективностью в данном конкретном случае, а также экономической целесообразностью.

Задание студентам:

-изучить краткий теоретический материал по теме и ответить на поставленные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что подразумевают под процессом *электрохимической коррозии*?
2. Распишите схему электрохимического процесса.
3. В каком году была создана первая *электрохимическая коррозия*?
4. Распишите последовательно стадии процесса с кислородной деполяризацией.
5. Перечислите типы *электрохимической коррозии* и их характерные особенности.
6. Перечислите методы защиты металлов от коррозии.

Содержание отчёта:

1. Оформить отчёт в виде поставленных контрольных вопросов и ответов на них.

Практическая работа № 7

«Определение физических свойств цветных сплавов»

Тема: «Изучение сплавов на основе меди: латуни, бронзы»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения цветных металлов - меди и сплавов на ее основе: латуней и бронз; формирование умения расшифровки маркировки латуней и бронз.

Рекомендации для студентов: прежде чем приступить к выполнению практической части задания, внимательно ознакомьтесь с теоретическими положениями, а также лекциями в вашей рабочей тетради по данной теме.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть.

Латуни.

Латуни могут иметь в своем составе до 45 % цинка. Повышение содержания цинка до 45 % приводит к увеличению предела прочности до 450 МПа. Максимальная пластичность имеет место при содержании цинка около 37 %.

По способу изготовления изделий различают латуни деформируемые и литейные.

Деформируемые латуни маркируются буквой Л, за которой следует число, показывающее содержание меди в процентах, например в латуни Л62 содержится 62 % меди и 38 % цинка. Если кроме меди и цинка, имеются другие элементы, то ставятся их начальные буквы (О - олово, С - свинец, Ж - железо, Ф - фосфор, Мц - марганец, А - алюминий, Ц - цинк). Количество этих элементов обозначается соответствующими цифрами после числа, показывающего содержание меди, например, сплав ЛАЖ60 -1-1 содержит 60 % меди, 1 % алюминия, 1 % железа и 38 % цинка.

Латуни имеют хорошую коррозионную стойкость, которую можно повысить дополнительно присадкой олова. Латунь ЛО70 -1 стойка против коррозии в морской воде и

называется “морской латунью“.

Добавка никеля и железа повышает механическую прочность до 550 МПа.

Литейные латуни также маркируются буквой Л, После буквенного обозначения основного легирующего элемента (цинк) и каждого последующего ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2 содержит 23 % цинка, 6 % алюминия, 3 % железа, 2 % марганца. Наилучшей жидкотекучестью обладает латунь марки ЛЦ16К4. К литейным латуням относятся латуни типа ЛС, ЛК, ЛА, ЛАЖ, ЛАЖМц. Литейные латуни не склонны к ликвации, имеют сосредоточенную усадку, отливки получаются с высокой плотностью.

Латуни являются хорошим материалом для конструкций, работающих при отрицательных температурах.

Бронзы.

Сплавы меди с другими элементами кроме цинка называются *бронзами*. Бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

При маркировке деформируемых бронз на первом месте ставятся буквы Бр, затем буквы, указывающие, какие элементы, кроме меди, входят в состав сплава. После букв идут цифры, показывающие содержание компонентов в сплаве. Например, марка БрОФ10-1 означает, что в бронзу входит 10 % олова, 1 % фосфора, остальное - медь.

Маркировка литейных бронз также начинается с букв Бр, затем указываются буквенные обозначения легирующих элементов и ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, бронза БрО3Ц12С5 содержит 3 % олова, 12 % цинка, 5 % свинца, остальное - медь.

Оловянные бронзы При сплавлении меди с оловом образуются твердые растворы. Эти сплавы очень склонны к ликвации из-за большого температурного интервала кристаллизации. Благодаря ликвации сплавы с содержанием олова выше 5 % являются благоприятным для деталей типа подшипников скольжения: мягкая фаза обеспечивает хорошую

прирабатываемость, твердые частицы создают износостойкость. Поэтому оловянные бронзы являются хорошими антифрикционными материалами.

Оловянные бронзы имеют низкую объемную усадку (около 0,8 %), поэтому используются в художественном литье.

Наличие фосфора обеспечивает хорошую жидкотекучесть.

Оловянные бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

В *деформируемых бронзах* содержание олова не должно превышать 6%, для обеспечения необходимой пластичности, БрОФ6,5 -0,15.

В зависимости от состава деформируемые бронзы отличаются высокими механическими, антикоррозионными, антифрикционными и упругими свойствами, и используются в различных отраслях промышленности. Из этих сплавов изготавливают прутки, трубы, ленту, проволоку.

Практическая часть.

Задание для студентов:

1. Запишите название и цель работы.
2. Заполните таблицу

Название сплава, его определение	Основные свойства сплава	Пример маркировки	Расшифровка марки	Область применения

Содержание отчёта:

1. Краткий конспект;
2. Оформить отчёт в виде таблицы.

Практическая работа № 8

Тема «Определение физических свойств чугунов по марке»

Цель работы:

1. Формирование знаний о физических свойствах чугунов и их определении по марке.
2. Закрепить знания марок чугунов, навыков определения физических свойств по марке с использованием справочной литературы.

Теоретическая часть.

Классификация и маркировка чугунов.

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода. Они содержат те же примеси, что и сталь, но в большем количестве. В зависимости от состояния углерода в чугуне, различают:

Белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида, и **чугун**, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита, что определяет прочностные свойства сплава.

Чугуны подразделяют на:

- 1) серые - пластинчатая или червеобразная форма графита;
- 2) высокопрочные - шаровидный графит;
- 3) ковкие - хлопьевидный графит.

Чугуны маркируют двумя буквами и двумя цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления σ_b при растяжении в МПа-10. Серый чугун обозначают буквами "СЧ" (ГОСТ 1412-85), высокопрочный - "ВЧ" (ГОСТ 7293-85), ковкий - "КЧ" (ГОСТ 1215-85).

СЧ10 - серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;

ВЧ70 - высокопрочный чугун с σ_b временным при растяжении 700 МПа;

КЧ35 - ковкий чугун с σ_b растяжением примерно 350 МПа.

Для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др., что расшифровывается следующим образом: АЧ - антифрикционный чугун:

С - серый, В - высокопрочный, К - ковкий. А цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТу 1585-79.

В промышленности разновидности чугуна маркируются следующим образом:
передельный чугун - П1, П2;

передельный чугун для отливок - ПЛ1, ПЛ2, передельный фосфористый чугун - ПФ1, ПФ2, ПФ3, передельный высококачественный чугун - ПВК1, ПВК2, ПВК3;

чугун с пластинчатым графитом - СЧ (цифры после букв "СЧ", обозначают величину временного сопротивления разрыву в кгс/мм);

антифрикционный чугун

антифрикционный серый - АЧС,

антифрикционный высокопрочный - АЧВ,

антифрикционный ковкий - АЧК;

чугун с шаровидным графитом для отливок - ВЧ (цифры после букв "ВЧ" означают временное сопротивление разрыву в кгс/мм и относительное удлинение (%); чугун легированный со специальными свойствами - Ч.

Физические свойства

К физическим свойствам металлов и сплавов относятся:

- плотность - количество вещества, содержащегося в единице объема, г/см³;
- температура плавления, °С - температура, при которой металл полностью переходит из твердого состояния в жидкое;
- теплопроводность - это способность тел передавать с той или иной скоростью тепло

при нагревании и охлаждении.;

- тепловое расширение - металлы расширяются при нагревании и сжимаются при охлаждении. Изменение линейного размера при нагреве называют линейным расширением; изменение объема тела - объемным расширением;
- удельная теплоемкость - это количество тепла, которое необходимо для повышения температуры 1 г вещества на °С;
- электропроводность - способность металлов проводить электрический ток. Под удельным электрическим сопротивлением ρ понимают сопротивление проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм²;
- способность намагничиваться - это способность металла создавать собственное магнитное поле либо самостоятельно, либо под действием внешнего магнитного поля.

Задание:

-изучить краткий теоретический материал по теме и ответить на поставленные вопросы.

Ход работы:

3. Оформить отчет (в форме таблицы).
4. Ответить на вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется чугуном?
2. Чем обусловлены физические свойства чугуна различных марок?
3. Каким образом получают ковкий чугун?

Практическая работа № 9

Тема: «Определение физических свойств стали по марке»

Цель работы:

1. формирование знаний о физических свойствах сталей и их определении по марке.
2. закрепить знания марок сталей, навыков определения физических свойств по марке с использованием справочной литературы.

Краткие теоретические сведения

Стали и их маркировка.

Сталь - сплав железа с углеродом (до 2,14% С). В сталях постоянно присутствуют примеси, которые попадают при выплавке. К ним относятся: марганец и кремний, которые являются полезными, а так же сера и фосфор, которые являются вредными. Сера вызывает красноломкость стали - хрупкость при горячей обработке давлением. В сталях сера находится в виде сульфида FeS, который образует с железом легкоплавкую эвтектику, отличающуюся низкой температурой плавления (988⁰ С) и располагающуюся по границам зерен. При горячей деформации границы зерен оплавляются и сталь хрупко разрушается. Фосфор вызывает в сталях хладноломкость - хрупкость при низких температурах. Каждая сотая доля фосфора повышает порог хладноломкости на 25⁰ С. Содержание серы и фосфора влияет на качество сталей и в зависимости от их содержания стали подразделяются на 4 группы:

1. Стали обыкновенного качества содержат примерное количество серы и фосфора (до 0,045% каждого). Стали обозначают марками Ст 0, Ст 1, Ст 2 ... Ст 6. Буква С обозначает сталь, цифры - условный номер марки, чем больше число, тем больше содержание углерода. Ориентировочно можно считать, что цифра обозначает содержание углерода в десятых долях процента. Для обозначения степени раскисления добавляют индексы: кп - кипящая, сп - спокойная, пс - полуспокойная (Ст 3 кп, Ст 3пс);

2. Качественные стали содержат серы и фосфора до 0,035% каждого, регламентированы по химическому составу и механическим свойствам. Марки стали обозначают цифрами, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Стали 08, 20, 25, . . , 60. Например, сталь 20-0,20% С.

3. Инструментальные стали содержат более 0,7% углерода. Цифра в марке

указывает на среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь У7 - 0,7% С, У13 - 1,3% С.

4. Высококачественные стали содержат не более 0,025% Si и P каждого. Обозначаются буквой А, стоящей в конце марки. Например, У12А.

5. Особовысококачественные стали содержат не более 0,015% S и 0,025% P. В конце марки стоит буква, указывающая способ переплава. Например, Ш - электрошлаковый, ВДП - вакуумнодуговой, ЭЛП - электронно-лучевой.

6. Легированные стали. Легирующие элементы обозначают буквами: Х - хром, Н - никель, Г - марганец, С - кремний, В - вольфрам, М - молибден, Ф - ванадий, К - кобальт, Ю - алюминий, Д - медь. Первая цифра указывает на среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента, а цифры, следующие за буквами - процентное содержание этих элементов. Например, 30ХНЗМ - 0,30% С, 1% Cr, 3% Ni, 1% Mo.

7. Физические свойства

К физическим свойствам металлов и сплавов относятся:

- плотность - количество вещества, содержащегося в единице объема, г/см³;
 - температура плавления, С° - температура, при которой металл полностью переходит из твердого состояния в жидкое;
 - теплопроводность - это способность тел передавать с той или иной скоростью тепло при нагревании и охлаждении.;
 - тепловое расширение - металлы расширяются при нагревании и сжимаются при охлаждении. Изменение линейного размера при нагреве называют линейным расширением; изменение объема тела - объемным расширением;
 - удельная теплоемкость - это количество тепла, которое необходимо для повышения температуры 1 г вещества на°С;
 - электропроводность - способность металлов проводить электрический ток. Под удельным электрическим сопротивлением ρ понимают сопротивление проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм²;
 - способность намагничиваться - это способность металла создавать собственное магнитное поле либо самостоятельно, либо под действием внешнего магнитного поля.
- Задание для студентов:

1. Изучить краткий теоретический материал по теме и ответить на поставленные вопросы.

Ход работы:

1. Оформить отчет в виде таблицы.

Контрольные вопросы:

1. Какой сплав называют сталью?
2. Чем обусловлены физические свойства сталей различных марок?

Приложение: таблица 1.

№ п/п	Группа стали	Маркировка	Физические	Вид изделий (деталей, узлов)	Применение
1					
2					
3					
4					
5					

Лабораторная работа № 2 (10)

Тема: «Исследование качества лакокрасочных материалов для автомобилей»

Цель работы:

- Закрепление знаний основных лакокрасочных материалов.

- Знакомство с методами определения контроля качества лакокрасочных материалов и покрытий.
- Приобретение навыков по подготовке поверхности к окраске и нанесению на нее ЛКМ.
- Приобретение навыков по контролю и оценке качества лакокрасочных материалов и покрытий.
- Время на проведение работы — 2 часа.

Задание

- Подготовить металлическую поверхность к окраске и нанести слой грунта.
- Произвести шпатлевание.
- Оценить малярные свойства краски.
- Произвести окраску и оценить адгезию лакокрасочного покрытия и его эластичность.
- Оценить твердость лакокрасочного покрытия и его прочность при ударе.
- Составить отчет о работе.
- Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Подготовка металлической поверхности к окраске и нанесение слоя грунта

Лакокрасочные материалы (ЛКМ) наносятся только на предварительно подготовленную поверхность, с которой удаляются пыль, грязь, следы нефтепродуктов, ржавчина, окалина, остатки негодного старого покрытия.

Сцепление первого слоя покрытия с плохо подготовленной поверхностью получается очень слабое. При плохой адгезии коррозия развивается невидимо под слоем ЛКМ. Наиболее опасной в этом отношении является окалина, которую следует особенно тщательно удалять. Окалина — это продукт окисления поверхности металла при взаимодействии с внешней средой.

Металлические детали, очищенные от загрязнения, как правило, подвергаются пассивированию. Под пассивированием, или пассивацией, понимают повышение коррозионной устойчивости поверхности металла с помощью создания на ней защитной пленки.

Если пассиватор вводится в состав первого слоя ЛКМ (грунтовки), то процесс пассивирования не предшествует окраске, а совмещается с ней. Таким пассиватором обычно бывают соли хромовой кислоты ($PbCrO_4$, $ZnCrO_4$).

Ответственные изделия, работающие в условиях повышенного коррозионного воздействия, подвергаются предварительной пассивации (фосфатированию). Для этого используется орто- фосфорная кислота или препараты на ее основе. Создаваемая при этом на поверхности металла фосфатная пленка кроме защитных свойств обладает пористым строением, что значительно улучшает адгезию и препятствует распространению коррозии при местном разрушении.

На подготовленную поверхность наносится первый слой покрытия — грунт.

Он служит для обеспечения высокой адгезии между металлом и последующими слоями покрытия. Грунтовка — материал, из которого образуется грунт, наносится кистью, распылением или окунанием. Важно, чтобы разрыв во времени между окончанием подготовки поверхности под покраску и нанесением грунтовки был как можно меньше.

Шпатлевание

Высушенный грунт имеет толщину слоя порядка 15—20 мкм, поэтому видимые дефекты на поверхности металла сохраняются. Чтобы их устранить прибегают к местному и общему шпатлеванью. Местное шпатлевание выравнивает крупные дефекты. Общее позволяет получить гладкое покрытие по всей поверхности

окрашиваемой площади.

При местном шпатлевании шпателем или куском листовой резины наносится слой шпатлевки на дефектные участки, при этом его толщина не должна превышать 0,5 мм, в противном случае слой получится недостаточно эластичный, будет растрескиваться и крошиться. Каждый слой просушивается и шлифуется грубой абразивной шкуркой № 80—120, затем очищается от пыли и зерен абразива. Общее число слоев шпатлевки должно быть не более двух. При необходимости окончательное выравнивание достигается нанесением на всю поверхность шпатлевочного слоя толщиной 50—100 мкм. После этого проводится сушка и шлифование мелкозернистыми шкурками № 150—220. При этом шпатлевка разбавляется растворителем до необходимой вязкости и наносится обычно при помощи краскораспылителя.

Оценка малярных свойств краски

Готовая к применению краска должна обладать оптимальной вязкостью. При повышенной вязкости возрастает толщина пленки одного слоя и снижается ее прочность, при пониженной — уменьшается толщина слоя и увеличивается расход растворителя.

Вязкость ЛКМ измеряется в секундах, потребных для вытекания 100 мл его из вискозиметра ВЗ-4 (рис. 6.1) через отверстие в дне диаметром 4 мм при температуре 18—20 °С. Это время должно находиться в пределах от 15 до 45 секунд. Если же окраска будет производиться при помощи кисти, то ее вязкость должна составлять от 30 до 60 секунд.

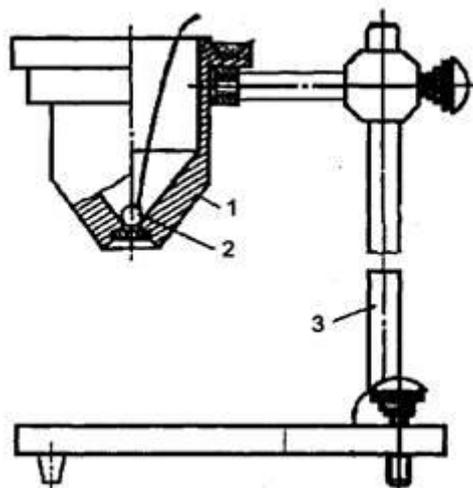


Рис. 1. Вискозиметр ВЗ-4: 1 — стакан; 2 — шарик; 3 — штатив

Для этого вискозиметр заполняется испытуемой краской в количестве 100 мл (стандартный вискозиметр ВЗ-4 имеет емкость при заполнении до краев 100 мл), а затем по секундомеру определяется время его опорожнения. Секундомер пускается в тот момент, когда проволочка вместе с припаянным к ней шариком быстрым движением вынимается из емкости. Для точности определения вязкости замеры повторяют три-четыре раза и затем выводят среднее арифметическое.

Кроме того, при приготовлении краски необходимо определить тип растворителя, с которым она совместима. Это испытание связано с тем, что краски на основе, например, нитроцеллюлозы с бензином не совместимы и при смешивании с ним свертываются и выпадают в осадок, в то время как другие являются совместимыми с бензином. Краски же на основе нитроцеллюлозы хорошо совмещаются с растворителем № 646, который наиболее распространен и применяется в автомалярном производстве.

Одним из показателей красок является их укрывистость. Укрывистость — это

способность краски полностью скрывать цвет окрашиваемой поверхности.

Укрывистость измеряется количеством ЛКМ в г/м², потребным для закрашивания пластинки из бесцветного стекла таким количеством слоев, при котором не просматриваются черные и белые квадраты у подложенной под пластинку шахматной доски.

От укрывистости зависят расход ЛКМ и число слоев краски в покрытии. Укрывистость автоэмалей находится в пределах от 30 до 70 г сухой пленки на 1 м² окрашиваемой поверхности.

Окраска

Обработанный шпатлевочный слой, а при его отсутствии грунтовочный покрывается несколькими слоями краски. Краски наносят теми же способами, что и грунты. Самый распространенный способ — пневмораспыление.

Краску разводят до вязкости 17—30 с по ВЗ-4 и распыляют под давлением сжатого воздуха 200—600 кПа. Предварительный подогрев ЛКМ снижает их вязкость, что позволяет выполнять работу при пониженном давлении, используя меньшее количество растворителя. При этом расход растворителя уменьшается на 30—40 %, а толщина слоя покрытия увеличивается в 1,5—2 раза и сокращаются потери на туманообразование.

Ручные краскораспылители обеспечивают производительность 100—200 м²/ч. Сжатый воздух перед распылением рекомендуется очищать от влаги и масла, принципиальная схема установки для пневмораспыления приведена на рис. 2. Для уменьшения колебаний давления сжатого воздуха устанавливают дополнительную емкость большого объема — ресивер. На рис. 3 показана схема пневматического краскораспылителя. При воздействии на спусковой крючок 7 оттягивается со своего седла запорная игла 8, при этом поступающий через канал в рукоятке сжатый воздух будет вырываться с большой скоростью из сопел распылительной головки 1, образуя разрежение в зоне центрального отверстия, освобожденного иглой 8. Краска, подаваемая из бачка 2, будет вытекать из этого отверстия, подхватываться, дробиться и увлекаться воздушным потоком.

Сжатый воздух для краскораспылителей обеспечивает любой компрессор, создающий давление 300—600 кПа.

Каждый слой краски проходит этап сушки, а наружные слои могут подвергаться шлифованию, полированию и покрытию лаком.

В процессе сушки определяют время высыхания от пыли. Это время от начала высыхания до появления матового пятна от «дыхания». Спустя некоторое время после окраски на покрытии образуется тончайшая полутвердая пленка, на которой при выдыхании на нее на расстоянии 10 см от рта немедленно начнут конденсироваться выдыхаемые вместе с воздухом пары воды. Начало их конденсации, которое обнаруживается по возникновению на поверхности матового пятна, принимается за момент завершения высыхания от пыли.

Повышение температуры воздуха, при которой происходит сушка, сокращает время, отводимое на нее. Некоторые виды эмалей предполагают только горячую сушку. Сушку покрытий в естественных условиях используют при окрашивании быстровысыхающими ЛКМ (такие, как акриловые, виниловые, нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые и др.).

Продолжительность сушки можно сократить, используя технологию нанесения слоев покрытия «сырой по сырому». В этом случае на грунтовку или первый слой эмали, высушенные до исчезновения отлипа (сушат примерно 10—15 мин) наносят последующий слой ЛКМ. Этот слой сушат требуемое время (от 24 до 48 часов), при этом хорошо просыхают и недосушенные первые слои.

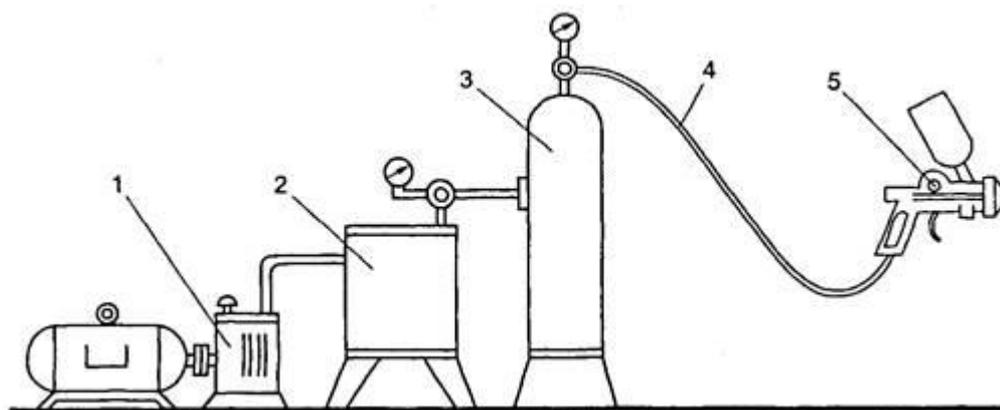


Рис..2. Схема установки для пневматического распыления: 1 — компрессор; 2 — масловлагоотделитель; 3 — ресивер; 4 — гибкий шланг; 5 — краскораспылитель

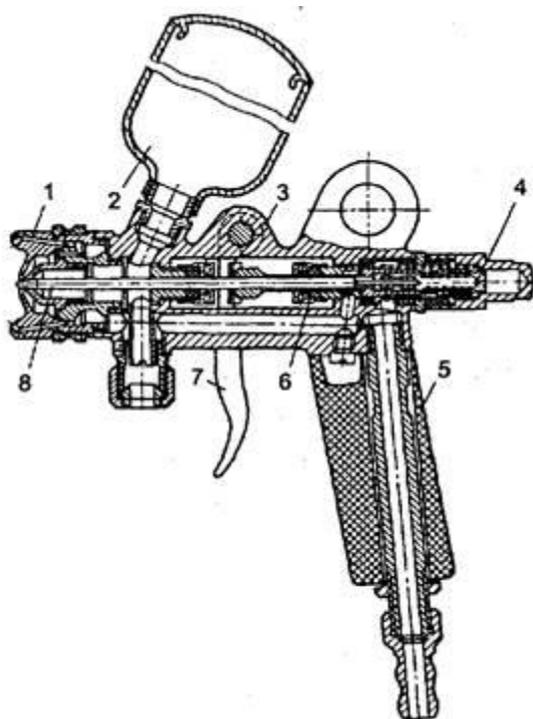


Рис. 3. Пневматический пневмораспылитель: 1 — распылительная головка; 2 — бачок для краски; 3 — корпус распылителя; 4 — запорный винт; 5 — ручка; 6 — прокладка; 7 — спусковой крючок; 8 — запорная игла

Высушенные ЛКМ должны обладать определенными показателями качества, к которым относятся укрывистость, адгезия, прочность при ударе, прочность при изгибе и при растяжении, а также твердость.

В табл. 1 показаны причины возможных дефектов при окраске поверхностей пневмораспылением.

Таблица 1. Возможные дефекты покрытий при окраске пневмораспылением

Дефекты	Причины возникновения
Поверхность покрыта пылью или мелкими крупинками	Пыльное помещение
	Под действием растворителя разрушается внутренняя поверхность шлангов
Неравномерная толщина покрытия, волнистость поверхности	Краскораспылитель находится слишком близко от окрашиваемой поверхности, и воздушная струя раздувает пленку ЛКМ
Поверхность покрытия имеет шагрень	Плохой розлив ЛКМ из-за повышенной вязкости
Мелкая шероховатость покрытия, отсутствие блеска	Большое расстояние от распылителя до окрашиваемой поверхности
Матовость и побеление покрытия	Большое количество в ЛКМ легколетучих растворителей
	Низкая температура и высокая влажность в помещении
Пузырьки воды и мелкие пятна на поверхности покрытия	Поддаваемый в краскораспылитель воздух содержит влагу

Экспериментальная часть

Подготовка металлической поверхности к окраске и нанесение слоя грунта

Оборудование:

- металлические пластинки размером 100x100x0,8 мм;
- бензин или ацетон;
- шлифовальная шкурка;
- грунтовка ГФ-020, ГФ-037 или № 138;
- вытяжной шкаф;
- сушильный шкаф.

Порядок выполнения работы

- Зачистить стальную пластинку с обеих сторон шлифовальной шкуркой.
- Удалить с ее поверхности пыль в виде ржавчины промывкой в бензине или ацетоне, затем просушить.
- Подготовленную пластинку погрузить в грунтовку так, чтобы загрунтованной с обеих сторон оказалась только половина пластинки.
- Вынуть пластинку и дать стечь излишкам грунтовки в течение 5 мин.
- Просушить нанесенный слой грунта в течение 20—25 мин при температуре 100—110 °С.
- Охладить пластинку в течение 5 мин.
- Произвести пробу на полное высыхание, для чего на пластинку с покрытием поставить груз массой 0,2 кг и с опорной поверхностью 100 мм²;
- по истечении 30 с груз снять и произвести контроль на предмет прилипания волокон ваты к грунту и остаточных следов.
- Результат записать в отчет.

Шпатлевание

Оборудование:

- шпатель;
- шлифовальная шкурка № 180;
- нитрошпатлевка;
- сушильный шкаф.

Порядок выполнения работы

- С помощью шпателя нанести на одну из сторон пластинки слой шпатлевки по возможности ровным и тонким слоем.
- Произвести сушку шпатлевки в течение 15—20 мин при температуре 60—70 °С.
- Охладить пластинку в течение 5 мин и произвести пробу на полное высыхание.
- С помощью шкурки отшлифовать слой шпатлевки до появления совершенно гладкой и беспористой поверхности.
- Результат испытания записать в отчет.

Оценка малярных свойств краски. Оборудование:

- образцы стандартных красок, применяемых в автомалярном производстве;
- растворитель № 646;
- бензин;
- две пробирки с пробками;
- вискозиметр ВЗ-4;
- стеклянная пластинка размером 90x120 мм;
- весы лабораторные;
- кисть;
- шахматная доска или белая бумага, на которую нанесены черные полосы.

Порядок выполнения работы

- Выбрать образец краски из имеющихся в коллекции и определить ее тип, для чего:
 - налить ее в две пробирки примерно до уровня 30 мм от дна каждой;
 - добавить примерно такое же количество в одну пробирку бензина, в другую растворитель № 646;
 - заткнуть пробками и энергично встряхнуть;
 - осмотреть полученный раствор и определить по совместимости краски с растворителями ее тип;
 - результат записать в отчет.

Измерить вязкость краски, для чего:

- заполнить вискозиметр испытуемой краской в количестве 100 мл;
- одновременно с изъятием запорного шарика включить секундомер и выключить его по окончании вытекания краски.
- замер повторить четыре раза и вывести среднее значение;
- сделать вывод по вязкости краски и результат записать в отчет.
- Вымыть вискозиметр ВЗ-4 при помощи соответствующего растворителя.

Определить укрывистость ЛКМ, для чего:

- взвесить стеклянную пластинку с точностью до 0,1 г;
- наложить ее на шахматную доску;
- при помощи кисти наносить слой краски с интервалом в 5 мин до тех пор, пока не будет достигнута полная укрывистость;
- просушить пластинку при 60 °С не менее 10 мин;
- вновь взвесить окрашенную пластинку и рассчитать укрывистость краски;
- результат записать в отчет.

Окраска и определение адгезии и эластичности покрытия

Оборудование:

- образцы стандартных эмалей (красок), применяемых в автомалярном производстве;
- растворитель № 646 или ацетон;
- краскораспылитель;
- стальные пластинки размером 100x100x0,8 мм;
- стальные пластинки размером 150x20x0,3 мм;

- сушильный шкаф;
- вытяжной шкаф;
- набор стальных стержней диаметром 20, 15, 10, 3 и 1 мм;
- лезвия безопасной бритвы.

Порядок выполнения работы

- Подготовить стальные пластинки.
- Нанести слой краски при помощи краскораспылителя.
- Определить время высыхания от пыли.
- Просушить окрашенную пластинку в течение 10—15 мин при температуре 50—60 °С.
- Промыть краскораспылитель в растворителе № 646.

Определить адгезию лакокрасочного покрытия, для чего:

- на окрашенной пластинке размером 100x100x0,8 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях на всю глубину покрытия лезвием безопасной бритвы нанести надрезы на расстоянии 2 мм;
- слегка надавить на образовавшиеся квадраты и попытаться сдвинуть их с места;
- сделать вывод о состоянии адгезии и результат записать в отчет.

Определить эластичность лакокрасочного покрытия, для чего:

- окрашенную стальную пластинку размером 150x20x0,3 мм плавно изгибать на 180° поочередно вокруг стержней, начиная с большего диаметра и переходя к меньшему (при этом испытываемая пленка должна быть обращена наружу, т. е. работать на растяжение);
- зафиксировать значение эластичности пленки и результат записать в отчет.

Оценка твердости ЛКП и его прочности при ударе

Оборудование:

- прибор М-3;
- прибор У-1;
- окрашенная металлическая пластинка размером 100x100 мм;
- окрашенная стеклянная пластинка;
- секундомер.

Порядок выполнения работы

Для определения твердости ЛКП:

- установить окрашенную стеклянную пластинку на плиту прибора М-3 под шариковые опоры П-образного маятника;
- установить маятник в нулевое положение;
- отвести маятник на 5°;
- освободить маятник и по формуле (6.1) рассчитать твердость покрытия (стеклянное число прибора получить от лаборанта или преподавателя);
- результат записать в отчет.

Для определения прочности ЛКП при ударе:

- установить окрашенную стальную пластинку на наковальню прибора У-1;
- начиная с минимальной высоты подъема груза и постепенно ее увеличивая, определить прочность покрытия;
- результат записать в отчет.

По результатам анализов заполнить таблицу по форме:

Отчет о лабораторной работе по оценке качества

(указать наименование и марку продукта)

Цель работы			
Задание			
Результаты оценки	Показатель	Единицы измерения	Результат измерения, испытания
	Проба на полное высыхание грунта	мин	
	Проба на полное высыхание шпатлевки	мин	
	Проба на высыхание эмали от пыли	мин	
	Тип эмали (краски)	—	Указать, с каким растворителем совместима
	Вязкость	с	
	Укрывистость	г/м ²	
	Адгезия	выдерживает, не выдерживает	
	Прочность при изгибе	мм	
Заключение о пригодности ЛКМ			

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к ЛКМ?
2. Как готовится поверхность деталей к окраске?
3. Как классифицируются лакокрасочные покрытия?
4. Какими показателями оцениваются малярные свойства красок?
5. Как обозначаются лакокрасочные материалы?
6. Чем достигается высокая адгезия лакокрасочных покрытий?

Практическая работа № 11

Тема: «Изучение структуры конструкционных материалов (бетоны)»

Цель работы:

1. Изучить теоретический материал по теме работы.
2. Получить представление о структуре и свойствах строительных керамических материалов: кирпича, цемента, бетона. Ознакомиться с технологией получения бетона и процессами твердения неорганических вяжущих веществ. Освоить классификацию цементов и бетонов.
3. Освоить основы выбора бетонов с необходимыми свойствами для конкретных условий эксплуатации, а также выбора материалов для получения бетона необходимой марки.
4. Выполнить индивидуальное задание.

Основные сведения по теме работы

Строительные керамические материалы - это кирпич, цемент, бетон и природный камень.

Кирпичи и керамические плитки изготавливают из глины, которую формуют во влажном пластичном состоянии, а затем высушивают и обжигают. Глина состоит из водных алюмосиликатов типа $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ с различными примесями. После обжига изделие состоит из кристаллических силикатов, связанных аморфной фазой на основе SiO_2 .

Аморфная фаза образуется и плавится при обжиге, растекаясь по поверхности кристаллов и связывая их воедино. Этой технологии уже более 5000 лет, хотя на современном предприятии процессы, в отличие от древних времён, механизированы и автоматизированы.

Цемент представляет собой смесь известняка CaO , диоксида кремния SiO_2 и оксида алюминия Al_2O_3 , которая отвердевает при смешивании с водой. Цемент твердеет вследствие химической реакции, а не из-за высыхания, поэтому важно сохранять его влажным вплоть до завершения химических реакций. Это быстротекущее схватывание за первые 4 часа и более медленные реакции отверждения, для завершения которых нужно примерно 100 дней. Реакции гидратации идут с выделением тепла. В крупномасштабных конструкциях, таких как плотины, это может вызвать проблемы. Тогда в бетон закладывают охлаждающие трубы, которые затем становятся дополнительной арматурой.

Бетон - это композиционный материал, состоящий из песка и камней, связанных отвердевшим цементом. Наполнители имеют высокую твердость и прочность, слабой фазой в бетоне является затвердевшая цементная масса, определяющая его прочность. Для уплотнения наполнителя берется смесь песка и гравия в соотношении 60:40.

Плотноупакованные частицы заполняют поры, которые понижают прочность и способствуют проникновению в бетонную конструкцию воды. Замерзание воды может вызвать растрескивание бетона. Цементная масса при твердении дает усадку, что приводит к возникновению мелких усадочных трещин. Насыщение бетона мелкими пузырьками воздуха до его заливки тормозит распространение таких трещин.

Марки цемента

Важнейшей характеристикой цемента служит его марка (табл.1). Марку цемента определяют по пределам прочности при сжатии и изгибе образцов балочек размером 4 x 4 x 16 см в возрасте 28 сут стандартного хранения во влажных условиях.

Таблица 1

Механические свойства цемента различных марок

Предел прочности, МПа	M400	M500	M550	M600
При изгибе	5,5	6,0	6,2	6,5
При сжатии	40	50	55	60

Взаимодействие неорганических вяжущих веществ с жидкой средой и процессы твердения

Неорганические вяжущие вещества при смешивании с жидкой средой (водой, водными растворами солей, щелочей) образуют пластичное тесто; при этом минералы либо другие химические соединения (CaO , MgO), входящие в состав вяжущего вещества, вступают в химические реакции с жидкой средой. При твердении различных цементов, гипсовых вяжущих, магнезиальных и других веществ происходят в основном реакции гидратации, т. е. образуются новые соединения, содержащие химически связанную воду. Затем тесто быстро или постепенно теряет пластичность и начинает приобретать прочность, которая со временем нарастает. Используя это свойство неорганических вяжущих веществ, на их основе изготавливают различные *ИСК (искусственные строительные конгломераты)*: бетоны, растворы, силикатные и силикатобетонные изделия, асбестоцементные, теплоизоляционные и другие материалы.

Отверждение происходит в две стадии.

Первая стадия начинается при смешивании неорганического вяжущего вещества с жидкой средой, при этом образуется суспензия или тесто определенной вязкости, т. е. образуется гетерогенная система.

Вторая стадия отверждения неорганических вяжущих веществ заключается в упорядочении системы, разрушенной на первой стадии, и переходом её из жидкого или пластичного состояния в более устойчивое (стабильное) состояние. Это осуществляется за

счёт образования ассоциаций (скоплений) новых устойчивых молекул, кристаллизации новообразований и других процессов. В результате ионных реакций могут образоваться растворимые в воде соли или основания, со временем их становится больше и раствор становится насыщенным, а затем пересыщенным: из него выпадают кристаллогидраты. Вначале они представляют собой мельчайшие зародыши и кристаллы, которые затем укрупняются. Кристаллизация из пересыщенных растворов ускоряется при испарении воды из системы в присутствии добавок, снижающих растворимость новообразований, понижении температуры и т. п. Со временем кристаллов в системе становится больше, образуются кристаллические отростки, упрочняющие систему.

Заполнители неорганические

Наибольшее применение при производстве ИСК получили неорганические заполнители. Заполнители могут занимать в ИСК до 95 % по объёму, поэтому их выбору уделяется большое внимание. Из неорганических заполнителей следует назвать природные: песок, щебень, гравий, а также искусственные, получаемые дроблением горных пород с выходом щебня, высевок, песка. Для лёгких бетонов в России наиболее широко применяют керамзит, аглопорит и другие пористые заполнители, получаемые в основном из глин, используют также дроблёные металлургические шлаки.

В зависимости от размера частиц заполнители подразделяются на мелкие (песок), диаметр частиц которых не более 5 мм, и крупные - с диаметром частиц более 5 мм (щебень, гравий). Наибольший диаметр щебня и гравия может быть 70-80 мм. Однако при бетонировании массивных сооружений по согласованию с заказчиком допускаются и большие размеры частиц заполнителей (до 150 мм). Щебень имеет частицы угловатой формы с шероховатой поверхностью, у гравия частицы округлённые с гладкой поверхностью. Сцепление с вяжущим веществом больше у щебня, за счет чего и прочность ИСК больше, поэтому при изготовлении бетонов (особенно конструктивных) чаще применяют щебень.

Бетоны. Общие сведения

Бетонами на основе неорганических вяжущих веществ называют искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания рационально подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси, состоящей из минерального вяжущего вещества, воды, заполнителей. При необходимости в бетонные смеси вводятся специальные добавки. Бетоны являются материалами, которые наиболее широко применяются в современном строительстве, особенно в сочетании со стальной арматурой (железобетон). Бетоны имеют высокую прочность, достаточную долговечность в сооружениях различного назначения; на их изготовление расходуется до 85 % заполнителей (чаще всего в виде щебня и песка), которые являются обычно местными недорогими материалами.

Бетонная смесь технологична, из нее можно готовить конструкции разных размеров и конфигураций, начиная с армоцементных конструкций толщиной в несколько сантиметров до массивных бетонных и железобетонных, применяемых в сборном, сборно-монолитном и монолитном строительстве разнообразных объектов. Производство бетонных смесей и железобетонных конструкций механизировано и автоматизировано.

По некоторым зарубежным сведениям изготовление бетонных материалов связано с меньшим расходом энергии (приведенной к единому эквиваленту) по сравнению с производством стекла, кирпича, пластмасс и других материалов. Бетоны являются негоряемыми материалами, однако при действии высоких температур они растрескиваются. Недостатком бетонов является их низкая прочность при изгибающих и растягивающих нагрузках (в 7-15 раз меньше, чем при сжимающих нагрузках). Этот недостаток устраняется в железобетоне, в котором растягивающие и изгибающие усилия воспринимает арматура.

Выбирая различные вяжущие вещества: заполнители, добавки, можно получать бетоны с разнообразными свойствами (с разными прочностью, морозостойкостью, плотностью, химической стойкостью, жаростойкостью, водонепроницаемостью и т. п.). Любой бетон может быть получен с наилучшими строительно-эксплуатационными свойст-

вами, если рассчитать его оптимальный состав. До затвердевания смесь этих материалов называется *бетонной смесью*. В качестве жидкой среды обычно используют чистую воду (водопроводную, речную, озерную). Нельзя применять воды сточные, болотные, содержащие более 5 г солей в литре воды, сахар, нефтепродукты и кислоты. Указанные вредные примеси в воде затворения препятствуют схватыванию и твердению вяжущего.

Неорганическое вяжущее вещество и вода являются главными активными компонентами бетонной смеси, они вступают в химические реакции друг с другом и образовавшееся пластичное тесто обволакивает тонким слоем частицы заполнителей и наполнителей, затем такое тесто затвердевает и связывает зёрна в монолит. Таким образом, бетонная смесь превращается в искусственный каменный материал - *бетон*. Затвердевшее вяжущее в бетоне (микроконгломерат) служит матрицей, в которой располагаются зёрна заполнителей. В структуре бетона имеются поры (разных размеров в разном количестве) и капилляры. Они присутствуют в микроконгломерате, заполнителях, контактной зоне (на границе вяжущего с заполнителем).

Бетоны классифицируют по виду вяжущего вещества, заполнителей, по плотности и назначению.

По виду вяжущего вещества бетоны подразделяют на: цементные, силикатные, гипсовые, смешанные вяжущие, специальные.

По виду заполнителя бетоны изготавливают на плотных, пористых, специальных (жаростойких, кислотостойких и др.) заполнителях. Для удешевления бетонов целесообразно в качестве заполнителей использовать побочные продукты (дроблёные и гранулированные металлургические шлаки, термозит, бой керамической промышленности и др.).

По средней плотности различают следующие бетоны:

Особо тяжёлые - со средней плотностью более 2500 кг/м³. Для их изготовления используют особо тяжелые заполнители: щебень из барита и лимонита, обрезки стали и чугуна, металлический скрап и др. Такие бетоны применяют в основном для защиты от радиации;

Тяжёлые - со средней плотностью 2200-2500 кг/м³, заполнителями в них служат щебень и гравий из тяжёлых горных пород (гранита, сиенита, диабазы и др.), мелкий заполнитель - песок; их используют для изготовления несущих конструкций;

Облегченные - со средней плотностью 1800-2200 кг/м³, их используют в несущих конструкциях. Заполнителями в них служат керамзит, щебень из плотных известняков и шлаков;

Лёгкие - со средней плотностью 500-1800 кг/м³. Лёгкие бетоны в свою очередь подразделяют на:

Лёгкие бетоны на пористых природных или искусственных заполнителях;

Крупнопористые (беспесчаные) бетоны, имеющие между зёрнами крупного заполнителя пустоты; щебень или гравий может быть плотным либо пористым, а матрица - пористой. Они экономичны с точки зрения расхода вяжущего вещества, обладают хорошими теплозащитными качествами, но прочность и морозостойкость их невелики;

Особо лёгкие бетоны (ячеистые) имеют среднюю плотность менее 500 кг/м³. Их изготавливают обычно из вяжущего, воды, тонкодисперсного кремнеземистого компонента и порообразователя (пенообразователя или газообразователя). В зависимости от вида вяжущего вещества, порообразователя и кремнеземистого компонента выпускаются следующие виды ячеистых бетонов: газобетоны, пенобетоны, газосиликаты, пеносиликаты и др. Структура их мелкопористая, причем истинная пористость может достигать 85 %, применяются они для теплоизоляции.

По назначению бетоны могут быть:

Конструкционные, предназначенные для изготовления конструкций (бетонных и железобетонных) в зданиях и сооружениях разного типа. К таким изделиям относят в основном несущие конструкции (колонны, балки, фермы, плиты перекрытий и т. п.);

Гидротехнические, применяемые при строительстве плотин, шлюзов, набережных,

каналов;

Дорожные, применяемые при строительстве дорог и аэродромов;

Специальные - жаростойкие, кислотоупорные, декоративные, акустические и др.

К каждому типу бетонов предъявляются соответствующие требования по их свойствам: по прочности (марки, классы В, классы С), плотности, морозостойкости, теплопроводности, водонепроницаемости, стойкости к истирающим и ударным нагрузкам.

Главной прочностной характеристикой бетона служит его марка по прочности на одноосное сжатие. Марка бетона определяется по пределу прочности при сжатии образцов - кубов размером 15 x 15 x 15 см в возрасте 28 сут стандартного хранения при температуре 20 ± 2 °С и высокой относительной влажности воздуха (95-100 %). Нужно изготовить и испытать минимум три одинаковых образца-близнеца и подсчитать среднеарифметический предел прочности при сжатии $Y_{сж}$, а затем по наименьшему пределу действующего ГОСТа выбрать марку. Наиболее широко используют следующие марки цементных бетонов: М150, М200, М250, М300, М350, М400. Размерность марок (кгс/см^2) соответствует минимальным значениям пределов прочности при сжатии.

Классы бетонов, определяют по пределу прочности на сжатие (МПа): В1; В1,5; В2,5; В3,5; В7,5; В10; В15; В20; В25; В30; В40; В50; В55; В60. Вероятность получения заданной прочности по классам выше, чем по маркам; гарантия составляет 95 %, такой высокой гарантии у марок нет.

Класс бетона определяется также испытанием на сжатие образцов - кубов 15 x 15 x 15 см либо (реже) образцов - цилиндров диаметром 15 см и высотой 30 см в возрасте 28 сут стандартного влажного хранения. Если испытывают кубы, то перед обозначением класса пишут букву «В», если цилиндры - «С»; размерность предела прочности при сжатии в МПа.

Материалы для изготовления бетона

При выборе цемента учитывают требования, предъявляемые к бетону (железобетонным конструкциям), условия его эксплуатации, рекомендации нормативных документов (ГОСТов, СНиПов).

Марка цемента должна быть выше проектной марки бетона, определяемой сжатии (табл.2).

Соответствие марок бетона и цемента

Таблица 2

Марка	150	200	250	300	350	400	450	500	600 и
Марка	300	300, 400	400	400, 500	400, 500	500, 600	550, 600	600	600

Если требуется изготовить низкомарочный бетон, а в наличии имеется высокопрочный цемент, то в целях экономии цемента в бетонную смесь вводят тонкомолотые добавки из горных пород и отходов производства.

Задание для студентов

1) Если для конструкции необходим бетон марки М300, то какой для его изготовления нужен цемент? Выбор обосновать.

2) Для строительной конструкции необходим бетон марки М200. В наличии имеется только цемент марки М600. Каким образом можно получить бетон с требуемой прочностью без завышения цены объекта? Обосновать решение.

3) Изложите требования, предъявляемые к гидротехническому бетону. Почему для дамб, плотин и других гидротехнических сооружений нельзя применять обычный высокопрочный бетон?

4) По какому критерию бетоны относят к высокопрочным? Чем отличается их состав? Как оценивается прочность бетонов?

5) Бетон состоит из 60 об. % известнякового наполнителя и 40 об. % цементной

массы. Определите модуль упругости бетона, если E известняка и цементной массы равны 63 и 25 ГПа соответственно.

6) Почему прочность при растяжении отверждённого цемента составляет всего лишь 4 МПа? Как можно повысить прочность цемента усовершенствованием технологии? Какой максимальной прочности можно достичь благодаря такому усовершенствованию?

7) Опишите механизм разрушения бетона при сжатии. Проиллюстрируйте ответ.

8) Бетон состоит из 50 об. % известнякового наполнителя и 50 об. % цементной массы. Определите модуль упругости бетона, если E известняка и цементной массы равны 63 и 25 ГПа соответственно. Является ли такой состав оптимальным для получения наибольшего модуля упругости? Обоснуйте ответ.

9) Как можно повысить прочность бетона (усовершенствованием технологии, изменением состава)? Какой максимальной прочности можно достичь благодаря таким усовершенствованиям?

10) Опишите процесс отверждения цемента. Какие при этом протекают химические реакции? Сколько на этот процесс требуется времени?

11) В какой период твердения цемента тепло выделяется наиболее интенсивно? Какие проблемы это может создать в крупномасштабных конструкциях?

12) Что означает число в марке бетона (М300, М400)? Какая разница между маркой и типом бетона?

13) Какую роль играет вода в изготовлении цемента и бетона? Какое соотношение воды и цемента является идеальным для получения высокопрочного цемента?

К чему приводит отклонение от этого соотношения в ту или другую сторону?

14) Какие заполнители применяются при производстве искусственных строительных конгломератов? Что это за вещества? Каким должен быть размер частиц заполнителя?

15) Что такое бетон? Как получают бетон? Технологические и эксплуатационные характеристики бетона.

16) Как оценивается прочность бетона? Каким образом определяются марки и классы бетонов?

17) Является ли бетон плотным конструкционным материалом? Какую роль играют поры в бетоне?

Содержание отчёта:

1. Краткий конспект в виде ответов на вопросы.

Лабораторная работа № 3 (12)

Тема: «Определение качества бензина, дизтоплива, моторного масла»

Вариант 1

Определение качества бензина

Цель работы

1. Закрепление знаний по качеству бензинов.
 2. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству бензинов (ГОСТами на показатели качества и методы их определения).
 3. Знакомство с методами проведения контрольного анализа бензинов.
 4. Приобретение навыков по контролю и оценке качества бензинов.
- Время на проведение работы — 4 часа.

Задание

1. Оценить испытуемый образец по внешним признакам.
2. Провести анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей.
3. Измерить плотность бензина.
4. Определить фракционный состав бензина разгонкой.
5. Составить отчет о работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Оценка бензина 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.

Анализ на содержание водорастворимых кислот и щелочей

Нефтепродукты (топлива, масла) должны обладать минимальным коррозионным воздействием на металлы. Коррозионность нефтепродуктов обуславливается содержанием в них водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот и сернистых соединений.

В процессе производства горюче-смазочные материалы подвергаются обработке серной кислотой (H_2SO_4), а затем для удаления этой кислоты — щелочью.

Если процесс нейтрализации кислоты, а затем промывка продукта водой для удаления щелочи производится недостаточно, то в горюче-смазочных материалах остаются минеральные кислоты или щелочи.

Поскольку минеральные кислоты и щелочи, находящиеся в горюче-смазочных материалах, являются одной из причин, вызывающих коррозию деталей двигателя, а также металлической тары и емкостей, то горюче-смазочные материалы, содержащие их, непригодны к эксплуатации.

Органические кислоты, в основном нафтеновые, содержащиеся в нефти, а также в продуктах ее переработки, по коррозионной активности слабее минеральных. Кроме того, органические кислоты повышают смазывающую способность топлива и масел, чем обуславливается их полезность. Поэтому ГОСТ допускает наличие органических кислот в топливах и маслах (смазках) в определенных количествах.

При большем содержании органических кислот, чем указано в ГОСТе 6307—75, топлива и масла к эксплуатации непригодны.

Количество органических кислот в топливе (и в частности бензине) оценивается «кислотностью топлива».

Кислотностью топлива называется количество миллиграммов едкого калия, пошедшее на нейтрализацию органических кислот в 100 мл испытуемого топлива.

При определении содержания водорастворимых кислот в топливах простейшим (качественным) методом достаточно определенное количество топлива (в данном случае бензина) смешать с таким же количеством дистиллированной воды и после отстаивания водную вытяжку испытать индикаторами.

Измерение плотности бензина

Плотность принадлежит к числу обязательных показателей, включаемых в паспорт на топлива двигателей. Она в основном используется при пересчете объемных единиц нефтепродуктов в массовые и наоборот.

Плотность нефтепродуктов определяется с помощью ареометров (нефтеденсиметров), гидростатических весов и пикнометров. Ареометром и гидростатическими весами определяют плотность нефтепродуктов, вязкость которых не превышает $200 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Пикнометром определяют плотность всех нефтепродуктов. Наиболее простым и удобным является определение плотности нефтепродуктов ареометром (ГОСТ 3900—85).

Определение фракционного состава бензина разгонкой

Испаряемость — это способность жидкого топлива переходить в парообразное состояние при данных условиях.

Испаряемость обуславливает эффективность смесеобразования и подачи топлива при пуске и эксплуатации двигателя в условиях низких и высоких температур или низкого давления. Пуск двигателя, время его прогрева и приемистость, расход топлива и износ цилиндропоршневой группы в значительной степени зависят от испаряемости топлива. Процесс испарения не только предшествует воспламенению и горению, но в значительной мере определяет скорость этих процессов, а следовательно, надежность и эффективность работы двигателя. Испаряемость топлива оценивают по совокупности двух главных показателей: теплоте испарения и фракционному составу.

Под фракционным составом топлива понимается содержание в нем различных фракций, выкипающих в определенных температурных пределах. Фракционный состав выражается в объемных % или массовых %. Фракция топлива — это часть топлива, характеризующаяся определенными температурными пределами выкипания.

Как было сказано, фракции бензина условно подразделяют на пусковую, содержащую самые легкоиспаряющиеся углеводороды, входящие в первые 10 % отгона; рабочую, включающую последующие 80 % состава бензина, и концевую, в которую входят последние 10 % бензина. В соответствии с таким делением эксплуатационные свойства бензина оценивают по пяти характерным точкам кривой фракционного состава: температуре начала перегонки, температуре перегонки 10 %, 50 %, 90 % количества бензина и температуре конца перегонки (рис. 1.3, с. 12).

Температуры начала перегонки ($t_{\text{нп}}$) и перегонки 10 % ($t_{10\%}$) характеризуют пусковые качества бензина, т. е. способность обеспечивать запуск двигателя при низких температурах и склонность топлива к образованию паровоздушных пробок в топливной системе двигателя.

Чем ниже температура окружающего воздуха при пуске двигателя, тем больше должен иметь бензин легких фракций и тем ниже должна быть их температура кипения. Это качество бензина характеризуется температурами начала его перегонки и перегонки 10 %.

Однако чрезмерно низкая температура перегонки 10 % приводит к образованию в прогретом двигателе «паровых пробок» в топливопроводах и каналах карбюратора. При этом горючая смесь значительно обедняется. Практически это приводит к тому, что двигатель теряет мощность, начинает «чихать» и из-за перебоев подачи топлива может остановиться.

Температура перегонки 50 % бензина ($t_{50\%}$) характеризует его способность обеспечивать быстрый прогрев и приемистость (быстрый переход двигателя на большие обороты) двигателей.

Чем ниже температура перегонки 50 % бензина, тем выше его испаряемость, лучше приемистость и устойчивость работы двигателя на этом бензине.

Температуры перегонки 90 % ($t_{90\%}$) и конца перегонки ($t_{\text{кп}}$) характеризуют наличие в бензине тяжелых фракций, которые испаряются в последнюю очередь. С повышением этих температур увеличивается расход бензина, так как тяжелые фракции не успевают сгорать. Больше бензина проникает в картер, смывая масло со стенок цилиндра и разжижая масло в картере, что ведет к износу деталей и повышенному расходу масла.

Определение фракционного состава бензина перегонкой осуществляется в соответствии с ГОСТом 2177—82. Для этого применяется аппарат (ГОСТ 1393—63) для разгонки нефтепродуктов (рис. 1.1).

Анализируемый образец бензина сначала с целью обезвоживания подвергается осушке. Осушку бензина производят взбалтыванием его в течение 10—15 минут с зерненным хлористым кальцием и фильтрацией после отстоя через бумажный фильтр. Затем, отмерив 100 мл, сливают это количество в колбу, в которую вставляют термометр. Колба помещена в жестяной кожух, в нижней части которого укреплена асбестовая

прокладка с отверстием для дна колбы. При перегонке бензина и других легких топлив диаметр отверстия должен быть 30 мм, а при перегонке керосина и дизельного топлива — 50 мм.

Отводной конец трубки пропускается через холодильник и опускается в мерный цилиндр. Внутренняя полость цилиндра заполняется смесью воды со снегом или кусочками льда либо подключается к проточной воде, температура которой на выходе из холодильника должна быть не выше 30 °С.

Горелку для нагрева колбы зажигают вдали от прибора, устанавливая высоту пламени 50—60 мм и помещают в специальный держатель так, чтобы верхушка пламени едва касалась колбы (рис. 1.1).

При появлении на конце отводной трубки первой капли конденсата фиксируют температуру начала разгонки. После падения первой капли топлива перегонку ведут с равномерной скоростью — 4—5 мл в минуту, что соответствует 20—25 каплям за 10 с.

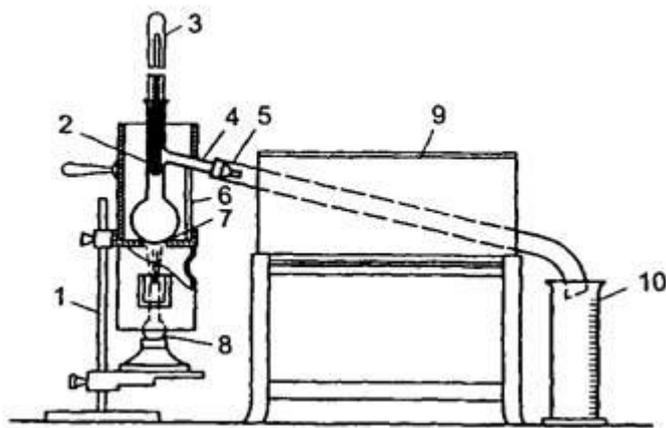


Рис.1. Аппарат для определения фракционного состава нефтепродуктов: 1 — штатив; 2 — колба; 3 — термометр; 4 — отводная трубка; 5 — металлическая трубка; 6 — кожух; 7 — держатель; 8 — горелка; 9 — холодильник; 10 — стеклянный мерный цилиндр

Нарушение установленного режима перегонки ведет к искажению результата испытания. Так, при повышении скорости выше установленной четкость разделения топлива на фракции ухудшается и наряду с легкими фракциями перегоняются более тяжелые. В результате этого фракционный состав топлива будет казаться более легким. При малой скорости перегонки фракционный состав топлива будет казаться более тяжелым.

После отгона 90 % топлива нагрев колбы усиливают до появления синих язычков пламени из окошек нижней части кожуха. При этом ртутный столбик термометра вначале начнет подниматься, а затем остановится и, продержавшись некоторое время на этом уровне, начнет опускаться.

Экспериментальная часть

Определение наличия механических примесей и воды (качественно)

Оборудование:

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

Порядок выполнения работы

1. Анализируемый бензин налить в стеклянный цилиндр.
2. Определить визуальным осмотром наличие или отсутствие взвешенных или осевших на дно твердых частиц
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

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.
2. Отмерить 10 мл дистиллированной воды и также слить в воронку.
3. Воронку делительную закрыть пробкой, снять со штатива и содержимое перемешать взбалтыванием (но не слишком энергично) в течение 30—40 с.
4. После взбалтывания воронку опять укрепить на штативе.
5. После отстаивания водную вытяжку слить в стакан.
6. Водную вытяжку из стакана налить в две пробирки.
7. 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. Окраска индикаторов в различных средах

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

8. Топливо считается выдержавшим испытание, если водная выдержка 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.
9. Результат испытания записать в отчет.

Оборудование:

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

Порядок выполнения работы

1. Установить цилиндр на ровном месте и осторожно налить в него испытуемый нефтепродукт до уровня, отстоящего от верхнего обреза цилиндра на 5—6 см.
2. Выдержать нефтепродукт 2—3 минуты для того, чтобы он принял окружающую температуру.

3. Чистый и сухой ареометр медленно и осторожно опустить в цилиндр с нефтепродуктом, держа 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 рис. 1.2 линией 3.
5. Спустя не менее 1 мин после погружения ареометра записать температуру топлива, отсчитывая ее с точностью до градуса по термометру. На этой операции испытание заканчивается.
6. Ареометр вынуть из цилиндра, протереть, вложить в футляр, а нефтепродукт вылить в ту же склянку, из которой наполнялся цилиндр.
7. В стандартах и других документах плотность нефтепродукта указывается при температуре 20 °С (ρ_{20}). В связи с этим данные измерений при иной температуре (ρ) необходимо привести к температуре 20 °С по формуле $\rho_{20} = \rho + \gamma(t - 20)$
8. где γ — зависящая от величины плотности температурная поправка, которая берется из табл. 2; t — температура нефтепродукта при отсчете плотности, °С. Приведенную плотность следует округлить до третьего знака после запятой.

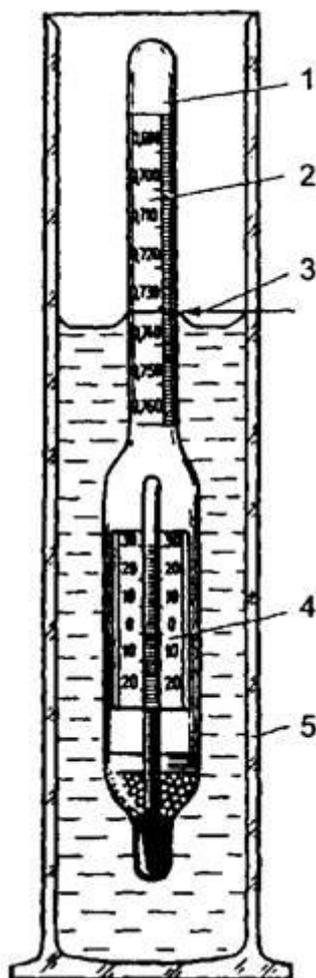


Рис. 2. Прибор для определения плотности нефтепродукта: 1 — ареометр; 2 — шкала плотности; 3 — линия отсчета плотности; 4 — шкала термометра; 5 — стеклянный цилиндр

Таблица 2. Значения температурных поправок для определения плотности нефтепродуктов

Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °С)	Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °С)
690–699	0,910	850–859	0,699
700–709	0,897	860–869	0,686
710–719	0,884	870–879	0,673
720–729	0,870	880–889	0,660
730–739	0,857	890–899	0,647
740–749	0,844	900–909	0,633
750–759	0,831	910–919	0,620
760–769	0,818	920–929	0,607
770–779	0,805	930–939	0,594
780–789	0,792	940–949	0,581
790–799	0,778	950–959	0,567
800–809	0,765	960–969	0,554
Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °С)	Плотность, ρ , кг/м ³	Температурная поправка, γ , кг/(м ³ · °С)
810–819	0,752	970–979	0,541
820–829	0,738	980–989	0,528
830–839	0,725	990–1000	0,515
840–849	0,712		

Определение фракционного состава бензина разгонкой

Оборудование:

- колба на 100 мл;
- холодильник;
- мерный цилиндр на 100 мл;
- мерный цилиндр на 10 мл воронка;
- штатив;
- колбонагреватель;
- термометр;
- образец топлива.

Порядок выполнения работы

- 1 Чистым сухим цилиндром отметить 100 мл испытуемого топлива и залить его в колбу.
- 2 Установить в колбу термометр. (Термометр устанавливается при помощи пробки так, чтобы верхний край шарика термометра был на уровне нижнего края отводной трубки.)
- 3 Установить колбу в колбонагреватель и соединить с холодильником.
- 4 Установить мерный цилиндр под нижний конец трубки холодильника. Цилиндр устанавливается так, чтобы трубка холодильника входила в него не менее чем на 25 мм, но не ниже отметки 100 мл и не касалась его стенок. Цилиндр на время перегонки закрыть ватой для уменьшения потерь на испарение. При перегонке

бензина цилиндр поставить в стеклянный сосуд с водой, температуру которой поддерживают в пределах 20 ± 3 °С.

- 5 Включить колбонагреватель. Нагрев вести так, чтобы первая капля топлива упала с конца трубки холодильника не ранее 5 и не позже 10 минут от начала нагрева. В противном случае вести регулирование высоты пламени горелки.
- 6 Отметить температуру, при которой упадет первая капля топлива, как температуру начала перегонки.
- 7 После падения первой капли топлива перегонку вести с равномерной скоростью 4—5 мл в минуту, что соответствует 20—25 каплям за 10 с.
- 8 Отметить температуру после отгона каждые 10 мл топлива. Для облегчения замеров необходимо, чтобы перегоняемое топливо с нижнего конца трубки холодильника стекало по стенке приемного цилиндра. Для этого после падения первой капли мерный цилиндр сдвинуть так, чтобы конец трубки холодильника коснулся внутренней стенки цилиндра. Для проверки скорости перегонки по отсчету капель цилиндр на короткое время отставляют от конца трубки холодильника с тем, чтобы капли топлива падали по центру цилиндра. По мере повышения температуры усиливать подогрев колбы, чтобы скорость перегонки была постоянной.
- 9 После отгона 90 мл топлива нагрев колбы усилить до появления синих язычков пламени из окошек нижней части кожуха так, чтобы до конца перегонки прошло от 3 до 5 минут.
- 10 Не уменьшая размера пламени, следить за термометром и при снижении температуры на 5—10 °С от максимального значения горелку погасить и дать стечь конденсату в течение 5 мин.
- 11 Максимальную температуру, достигнутую при разгонке, отметить как температуру конца разгонки.
- 12 После прекращения разгонки верхнюю часть кожуха снять и охладить прибор в течение 5 мин.
- 13 Горячий остаток из колбы слить в мерный цилиндр емкостью 10 мл, охладить его до комнатной температуры и определить оставшееся количество. Затем вычислить потери, которые составляют разность между 100 % бензина, залитого в колбу, и суммой процентов собранного конденсата и остатка.
- 14 Результаты разгонки занести в отчет.
- 15 Построить график фракционного состава топлива. Для этого по горизонтальной оси откладывают значения температур перегонки, а по вертикальной — соответствующие им значения объемов испарившегося топлива. На пересечении перпендикуляров, восстановленных из отложенных на осях значений, получатся точки кривой графика разгонки бензина или графика его фракционного состава.

По результатам анализов заполнить таблицу по форме:

Отчет о лабораторной работе по оценке качества

(указать наименование и марку продукта)

Цель работы			
Задание			
Результаты оценки	Основные показатели качества оцениваемого образца		
	Наименование показателей	По ГОСТу	Полученные на основании проведенных анализов
	Цвет		
	Механические примеси, вода		
	Водорастворимые кислоты щелочи		
	Плотность, кг/м ³ при 20 °С		
	Фракционный состав, °С:		
	$t_{нп}$ 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% $t_{кп}$		
Заключение о пригодности образца к применению			

Построить график разгонки бензина согласно пункту 15 порядка выполнения работы.

С помощью номограммы (рис. 3) сделать эксплуатационную оценку по фракционному составу бензина.

На горизонтальной оси номограммы отложены температуры характерных точек разгонки бензина, а на вертикальной — температура наружного воздуха.

Для оценки пусковых свойств найти два значения температуры наружного воздуха, являющиеся нижними границами легкого

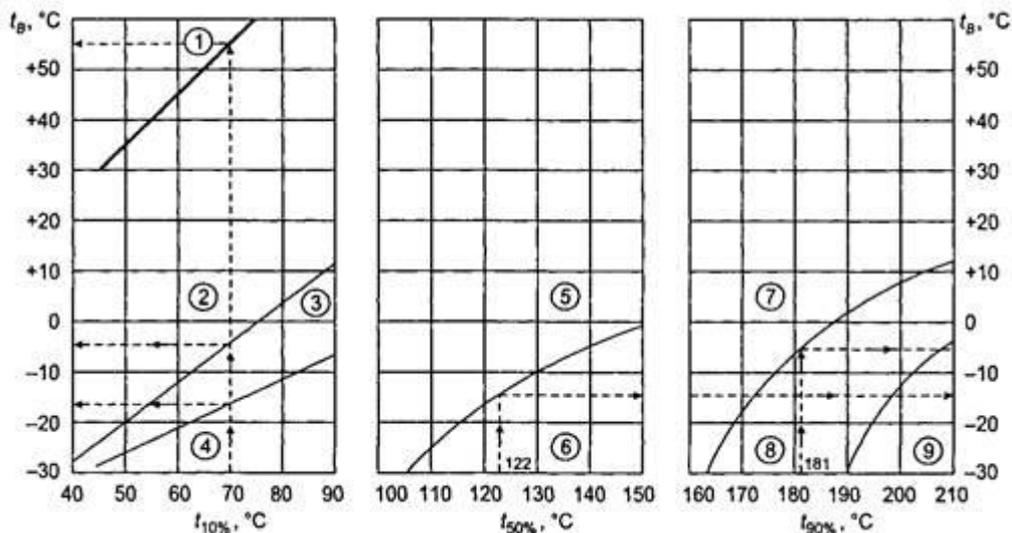


Рис. 3. Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки. Области: 1 — возможного образования паровых пробок; 2 — легкого пуска двигателя; 3

— затрудненного пуска двигателя; 4 — практически невозможного пуска холодного двигателя; 5 — быстрого прогрева и хорошей приемистости; 6 — медленного прогрева и плохой приемистости; 7 — незначительного разжижения масла в картере; 8 — заметного разжижения масла в картере; 9 — интенсивного разжижения масла в картере и затрудненного пуска двигателя, для чего на горизонтальной оси отметить точку, соответствующую $t_{10\%}$. Из нее восстановить перпендикуляр до пересечения с наклонными сплошными линиями. Из точек пересечения провести горизонтальные линии на вертикальную ось номограммы, где прочесть ответ.

Подобным образом оценить бензин по остальным показателям и сделать заключение по форме:

Эксплуатационная оценка бензина по данным разгонки

Самая низкая температура наружного воздуха, °С, при которой возможно:	Температура
Образование паровых пробок	
Обеспечение легкого пуска двигателя	
Обеспечение затрудненного пуска двигателя	
Обеспечение быстрого прогрева и хорошей приемистости	
Незначительное разжижение масла в картере	
Заметное разжижение масла в картере	

Контрольные вопросы

1. Что такое плотность вещества, как ее определяют?
2. Как зависит плотность от температуры?
3. В каких пределах находится плотность бензинов?
4. Каким показателем оценивается наличие органических кислот в топливе?
5. Что такое фракционный состав топлива и как он определяется?
6. Какое свойство топлива характеризует фракционный состав?
7. Какие свойства топлив характеризует температура 10%, 50% и 90% отгона?
8. Каковы технические требования ГОСТа к фракционному составу бензина?
9. Перечислите марки бензинов.

Вариант 2

Тема: Определение качества дизельного топлива

Цель работы

1. Закрепление знаний основных марок дизельных топлив.
2. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству дизельных топлив (ГОСТами на показатели качества и методы их определения).
3. Знакомство с методами определения плотности, вязкости и температуры застывания топлива.
4. Приобретение навыков по оценке качества дизельного топлива.

Время на проведение работы — 2 часа.

Задание

1. Определить наличие механических примесей и воды (качественно).
2. Определить плотность дизельного топлива при 20 °С.
3. Определить кинематическую вязкость при 20 °С.
4. Определить температуру помутнения и застывания.
5. Сделать заключение о пригодности данного образца топлива для автомобильных двигателей.

6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Определение наличия механических примесей и воды

Соответствует материалу, который изложен в данной лабораторной работе № 3 (12) «Определение качества бензина» вариант 1.

Измерение плотности дизельного топлива.

Соответствует материалу, который изложен в лабораторной работе № 3 (12) «Определение качества бензина».

Определение кинематической вязкости при 20 °С

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев (1.2.2). Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости выражают в единицах динамической или кинематической вязкости.

На рис. 2.1 показана схема, которая иллюстрирует понятие динамической вязкости. Из рисунка видно, что слои жидкости площадью 1 м^2 находятся на расстоянии 1 м и перемещаются относительно друг друга со скоростью 1 м/с и при этом оказывают сопротивление силой 1 Н . Такое сопротивление соответствует динамической вязкости $1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ или $1 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$.

В практике, как правило, пользуются кинематической вязкостью, которая характеризует эксплуатационные свойства топлив и масел в зависимости от температуры и позволяет решать вопрос

о пригодности нефтепродуктов для данного двигателя и о надежности его работы на всех возможных режимах эксплуатации. Кинематическую вязкость определяют по ГОСТу 33—2000 в капиллярном вискозиметре (рис. 2.2) по времени перетекания определенного объема жидкости (от метки А до метки Б) под действием силы тяжести при заданной температуре. Чем больше время перетекания жидкости через капилляр, тем выше ее вязкость. Кинематическую вязкость ν , $\text{мм}^2/\text{с}$, рассчитывают по формуле:

$$\nu = ct, \quad (2.1)$$

где c — калибровочная постоянная вискозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$; t — время протекания жидкости, с .

Контрольные вопросы

1. Что такое динамическая и кинематическая вязкость?
2. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства дизельных топлив?
3. Дайте определение температуры помутнения и застывания топлива.
4. В чем заключается физическая сущность помутнения и застывания топлива?
5. В чем заключается эксплуатационная оценка дизельного топлива по температуре помутнения и застывания?
6. При какой температуре наружного воздуха может применяться данный образец топлива?
7. Перечислите марки дизельных топлив.

Вариант 3

Тема: Определение качества моторного масла

Цель работы

1. Закрепление знаний по качеству основных марок моторных масел.
2. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству моторных масел (ГОСТами на показатели качества и методы их определения).
3. Приобретение навыков по оценке качества моторного масла.

Время на проведение работы — 2 часа.

Задание

1. Определить наличие механических примесей и воды (качественно).
2. Определить кинематическую вязкость при 50 °С и 100 °С.
3. Определить индекс вязкости.
4. Сделать заключение о пригодности данного образца масла для автомобильных двигателей.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Определение наличия механических примесей и воды

Присутствие в масле механических примесей и воды безусловно снижет смазочные свойства масел, увеличивает абразивный износ деталей.

Механические примеси можно выявить тремя способами. Первый и самый простой заключается в просмотре на свету тонкого слоя масла, нанесенного на стекло. Муть, потеки и крупинки укажут на присутствие в масле механических примесей. При их отсутствии слой масла будет выглядеть совершенно прозрачным.

При втором способе масло взбалтывают и подогревают до 40—50 °С. Затем 25—50 мл масла смешивают с двух-, четырехкратным количеством профильтрованного бензина. Раствор фильтруют через бумажный фильтр, после чего просматривают фильтр через увеличительное стекло. Темные точки и крупинки на фильтре указывают на присутствие в масле механических примесей.

При третьем способе масло в количестве 50—100 мл разбавляют в химическом стакане двух-, трехкратным количеством бензина. Смесь перемешивают и дают отстояться в течение 5—10 мин. Затем смеси придают вращательное движение. При наличии примесей они соберутся в центре на дне стакана. Для обнаружения примесей стакан просматривают на свету, проходящем снизу вверх.

Наличие воды в масле определяют по ГОСТу 1547—84. Смысл определения заключается в нагреве масла, помещенного в пробирку, до температуры 130 °С. При наличии воды масло начнет пениться, будет слышен треск, а слой масла на стенках пробирки помутнеет.

Определение кинематической вязкости при 50 °С, 100 °С

Проводится по ГОСТу 33—2000. Данный ГОСТ распространяется на все жидкости, полученные на основе переработки нефти, поэтому вязкость определяется аналогично определению вязкости дизельного топлива, что было рассмотрено в лабораторной работе № 2. При этом надо иметь в виду, что при определении вязкости масел выбирают вискозиметр с таким диаметром капилляра, чтобы время перетекания масла при заданной температуре было не менее 200 с.

Рекомендуемые диаметры капилляров при определении вязкости различных масел приведены в табл. 1.

Таблица 1. Данные для выбора вискозиметра

Наименование масел	Диаметр капилляра в мм при температуре испытаний		
	100 °С	50 °С	0 °С
Масло класса вязкости 8 и 10 мм ² /с	0,8	1,2–1,5	3,0
Масло класса вязкости 16 мм ² /с	1,0–1,2	1,5–2,0	–

Если время истечения масла из вискозиметра составляет от 200 до 300 с, проводят пять измерений, если оно составляет 300—600 с, то достаточно четырех измерений.

Результаты измерения времени течения масла не должны отличаться друг от друга больше, чем на 1,5 %.

Определение индекса вязкости

Одним из важных свойств масел, характеризующих их эксплуатационные свойства, является степень изменения вязкости масел в зависимости от температуры, которая обычно определяется или отношением вязкости при двух крайних температурах $v_{\text{МИН}}/v_{\text{МАКС}}$, или по индексу вязкости.

Расчет индекса вязкости производится на основе ГОСТа 25371—97 и согласно его определению индекс вязкости (VI) — это расчетная величина, которая характеризует изменение вязкости нефтепродуктов в зависимости от температуры.

На рис. 1 показано изменение вязкости двух моторных масел в зависимости от температуры.

Отношение вязкости при 50 °С к вязкости при 100 °С для автомобильных масел равно 4–9. Чем меньше отношение, тем лучше вязкостно-температурная кривая, тем лучше вязкостно-температурные свойства масла.

Оценка по индексу вязкости основана на сравнении вязкостно-температурных свойств испытуемого и двух эталонных масел. Одно эталонное масло имеет пологую вязкостно-температурную кривую, и его индекс вязкости принят за 100 единиц; другое —

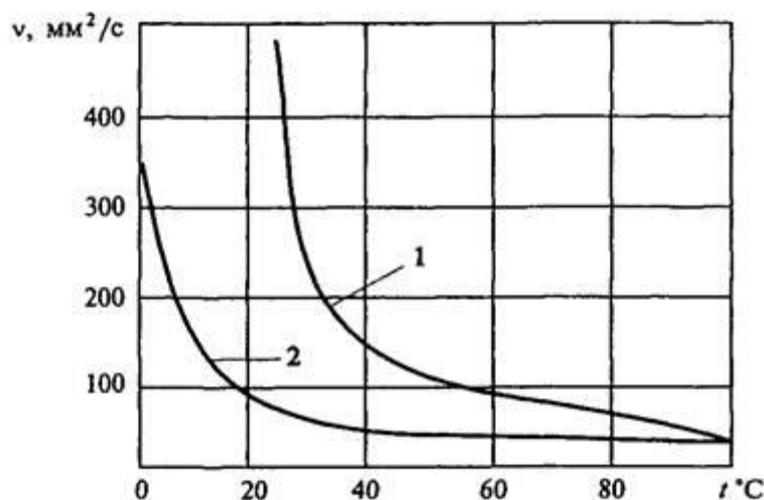


Рис. 1. Влияние температуры на вязкость масла: 1 — крутая вязкостно-температурная характеристика; 2 — пологая вязкостно-температурная характеристика обладает крутой вязкостно-температурной кривой, и его индекс вязкости считают равным 0.

Вязкостно-температурная кривая испытуемого масла будет располагаться между кривыми эталонных масел и по ее положению судят об индексе вязкости. Практически индекс вязкости согласно ГОСТу 25371—97 определяют расчетным путем. Если ожидаемый индекс вязкости находится в пределах от 0 до 100, то его рассчитывают как отношение вязкостей, определяемых при 40 °С и 100 °С по формулам:

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \cdot 100; \quad (3.1)$$

$$VI = \frac{L - U}{D} \cdot 100, \quad (3.2)$$

где U — кинематическая вязкость масла при 40 °С; значения Z , H и D находят по таблице ГОСТа, опираясь на величину кинематической вязкости масла при 100 °С.

Если индекс вязкости будет величиной более 100, то его находят по формулам с использованием логарифмов и таблицы ГОСТа.

Более простой способ определения индекса вязкости масла (но менее точный) заключается в использовании номограммы (рис. 3.2) на основе значений кинематической вязкости масла при 100 °С и 50 °С. Для этого по вертикали и горизонтали проводят линии от точек соответствующих значениям вязкости масла при 100 °С и 50 °С и в месте их пересечений находят значение индекса вязкости.

Значение индекса вязкости порядка 90—100 и выше характеризуют хорошие, а ниже 50—60 — плохие вязкостно-температурные свойства масла.

Экспериментальная часть

Определение наличия механических примесей и воды (качественно)

Оборудование:

- стеклянный цилиндр диаметром 40—55 мм;
- образец испытуемого масла;

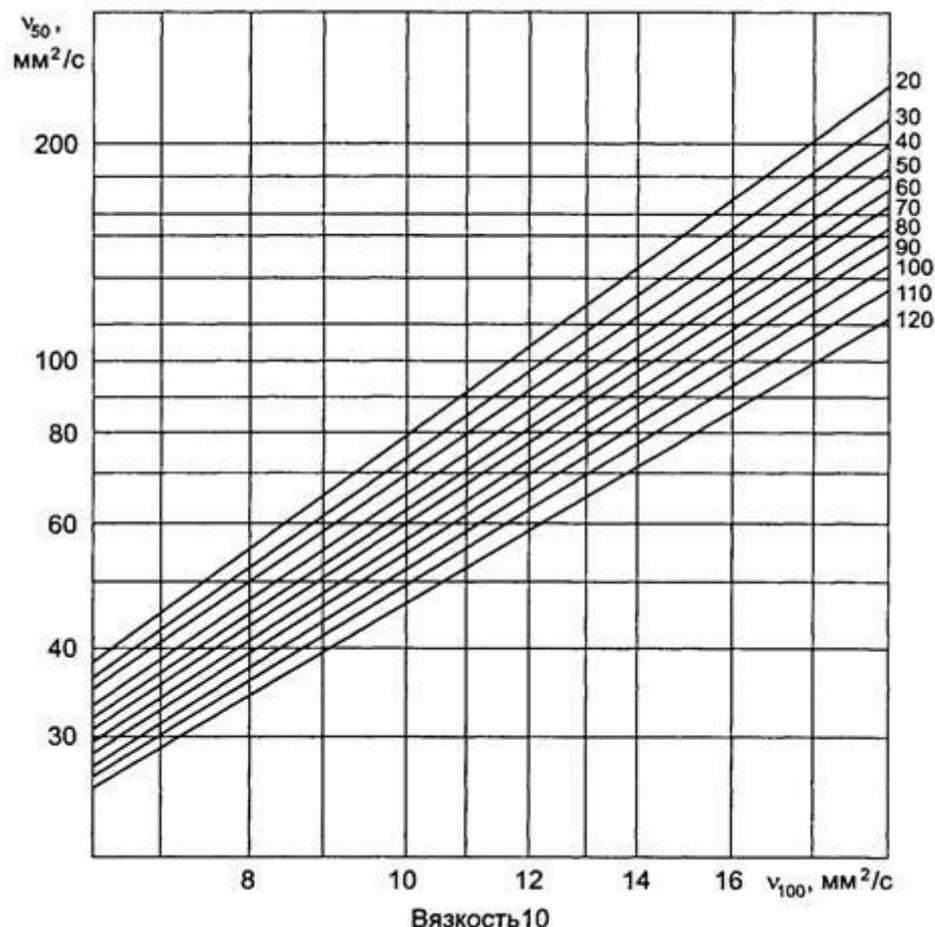


Рис. 2. Номограмма определения индекса вязкости масла

- два отрезка чистого сухого стекла размером 100x150 мм;
- профильтрованный неэтилированный бензин;
- стеклянный цилиндр с притертой пробкой емк. 250 мл;
- бумажный фильтр;
- лупа 2-, 3- кратного увеличения;
- химический стакан на 250—300 мл;
- искусственный источник света;
- электроплитка;
- термометр до 200 °С;
- глицерин;
- химический стакан из термостойкого стекла высотой 100 мм;
- пробирка;
- вытяжной шкаф.

Порядок выполнения работы

I вариант

1. На отрезок стекла нанести несколько капель испытуемого масла.
2. Вторым отрезком стекла провести по первому до образования тонкой масляной пленки.

3. Оба отрезка стекла посмотреть на свет.
4. Результат наблюдения записать в отчет.

II вариант

1. Подогреть масло до 40—50 °С.
2. Отмерить в химический стакан 25—50 мл подогретого масла и смешать с двух-, четырехкратным количеством профильтрованного бензина.
3. Профильтровать раствор через бумажный фильтр.
4. Осмотреть фильтр с помощью лупы.
5. Результат наблюдения записать в отчет.

III вариант

1. Масло в количестве 50—100 мл разбавить в химическом стакане двух-, трехкратным количеством бензина.
2. Смесь перемешать и дать отстояться в течение 5—10 мин.
3. Придать смеси вращательное движение.
4. Для обнаружения примесей осмотреть стакан на свету, проходящем снизу вверх.
5. Результат записать в отчет.

1. IV вариант — определение наличия воды в масле
1. В стакане из термостойкого стекла нагреть глицерин до температуры 175 ± 5 °С.
2. В чистую и сухую пробирку налить испытуемое масло до высоты 85 ± 3 мм.
3. В пробирку вставить термометр с таким расчетом, чтобы шарик термометра был на равных расстояниях от стенок пробирки, а также на расстоянии 25 ± 5 мм от дна пробирки.
4. Пробирку с маслом и термометром поместить в стакан с нагретым глицерином и наблюдать за маслом до момента достижения температуры в пробирке 130 °С.
5. Результат наблюдения записать в отчет.

Определение кинематической вязкости при 50 °С и 100 °С

Оборудование:

- прибор для определения кинематической вязкости;
- секундомер;
- набор вискозиметров;
- химические стаканы;
- дистиллированная вода, глицерин;
- колба;
- термометр;
- водяная баня.

Порядок выполнения работы

Проводится теми же методами, которые рассмотрены в работе № 2. Однако в связи с тем, что масла имеют большую вязкость, чем топлива, их следует предварительно подогреть до температуры 40—50 °С, опуская колбу с маслом в водяную баню.

Определение индекса вязкости

Оборудование:

- номограмма для определения индекса вязкости.

Порядок выполнения работы

1. По полученному значению кинематической вязкости при 100 °С на номограмме (рис. 3.2) провести вертикальную линию от горизонтальной оси.
2. По полученному значению кинематической вязкости при 50 °С на номограмме провести горизонтальную линию от вертикальной оси.
3. По точке пересечения линий найти индекс вязкости масла.
4. Результат записать в отчет.

Отчет о лабораторной работе по оценке качества

(указать наименование и марку продукта)

Цель работы			
Задание			
Результаты оценки	Основные показатели качества оцениваемого образца		
	Наименование показателей	По ГОСТу	Полученные на основании проведенных анализов
	Наличие механических примесей		
	Наличие воды		
	Кинематическая вязкость при 50 °С		
	Кинематическая вязкость при 100 °С		
	Индекс вязкости		
Заключение о пригодности образца к применению			

По результатам анализов заполнить таблицу по форме

Контрольные вопросы

1. Что такое динамическая и кинематическая вязкость?
2. Что такое вязкостно-температурные свойства масел и какими показателями они оцениваются?
3. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства масел?
4. С какими вязкостями применяются масла на автомобилях зимой и летом?
5. Перечислите марки моторных и трансмиссионных масел и их применение.
6. Что такое индекс вязкости?

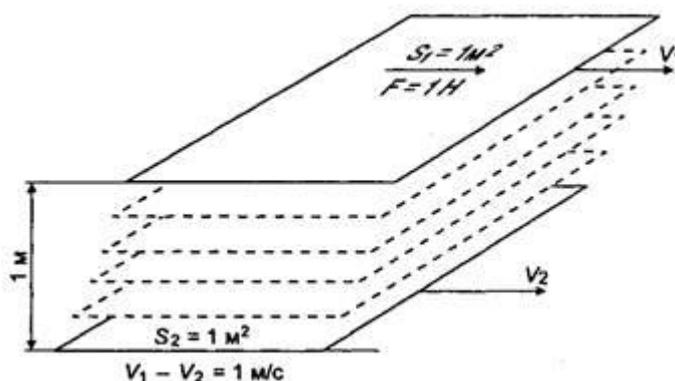


Рис. 3. Схема взаимного смещения слоев жидкости при определении вязкости

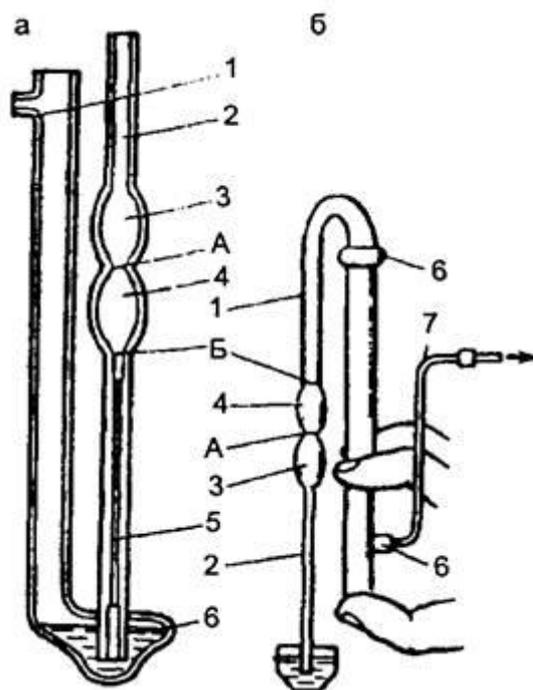


Рис. 4. Заполнение жидкостью вискозиметра: а — типа ВПЖ-2; б — типа Пинкевича; 1 — широкое колено; 2 — узкое колено; 3, 4, 6 — расширительные емкости; 5 — резиновая рубка; 7 — полый отросток; А — верхняя метка; Б — нижняя метка

Зависимость между кинематической вязкостью и динамической выражается формулой

$$\eta = \nu \rho \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

где η — динамическая вязкость жидкости, МПа • с; ρ — плотность жидкости при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость, кг/м³.

Для определения вязкости нефтепродуктов используются вискозиметры типа ВПЖ-2, ВПЖТ-2 или типа Пинкевича (ВПЖ-4, ВПЖТ-4). При этом вискозиметры типа ВПЖ-2, ВПЖТ-2 используются для определения кинематической вязкости прозрачных нефтепродуктов с вязкостью от 0,6 до 30000 мм²/с, а вискозиметры типа ВПЖ-4, ВПЖТ-4 — для жидкостей с пределами вязкости 0,6—10000 мм²/с. Каждый диапазон кинематической вязкости требует ряда вискозиметров.

Капиллярный вискозиметр представляет собой U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено которой впаян капилляр. Вискозиметры выпускают с разными диаметрами капилляра (0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; до 4,0 мм).

Над капилляром помещены два расширения, между которыми и над капилляром имеются кольцевые метки.

Нижнее расширение служит резервуаром, куда перетекает жидкость при определении вязкости. Оно расширено с той целью, чтобы высота столба жидкости, под действием которого происходит истечение, оставалась примерно постоянной.

В верхней части высокого колена имеется патрубок, который служит для присоединения резиновой груши. На верхних расширениях нанесены номер вискозиметра и номинальный диаметр капилляра. На каждый экземпляр вискозиметра должен иметься паспорт, в котором указывается постоянная вискозиметра «С» в мм²/с².

Для заполнения вискозиметра топливом на боковой отвод его надевают резиновую трубку с грушей, переворачивают на 180° и погружают узкое колено в стаканчик с испытуемым топливом. Закрыв пальцем отверстие широкого колена, топливо с помощью груши засасывают в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением.

После этого вискозиметр переворачивают в нормальное положение и тщательно обтирают узкое колено от топлива.

Используемые в работе вискозиметры представляют собой очень хрупкие и дорогие приборы. В связи с этим при работе с ними надо проявлять максимум осторожности и, в частности, держать и закреплять их следует только за одно колено. Наиболее часто поломка вискозиметров происходит при надевании и снятии резиновой трубки, поэтому при этой операции нужно держать их именно за то колено, на которое надевается или снимается резиновая трубка.

Следует учитывать, что при попадании во внутреннюю полость вискозиметра воды или даже ее паров он становится неработоспособен.

Затем вискозиметр погружают в термостат (баню) так, чтобы шарик вискозиметра оказался полностью в термостатной жидкости (рис. 2.3). Выдерживают вискозиметр в термостате не менее 15 мин при температуре 20 °С. При заполнении и выдерживании вискозиметра в нем не должно образовываться разрывов и пузырьков воздуха. Затем, не вынимая вискозиметр из термостата, при помощи резиновой груши создают разрежение в трубке 7 (см. рис. 2.2), медленно набирая в шарик 3 несколько выше метки А топливо (из расширения 6).

Подняв топливо выше метки А, отключают резиновую грушу и наблюдают за перетеканием топлива через капилляр 5 и расширение 6. В момент достижения уровня топлива метки А

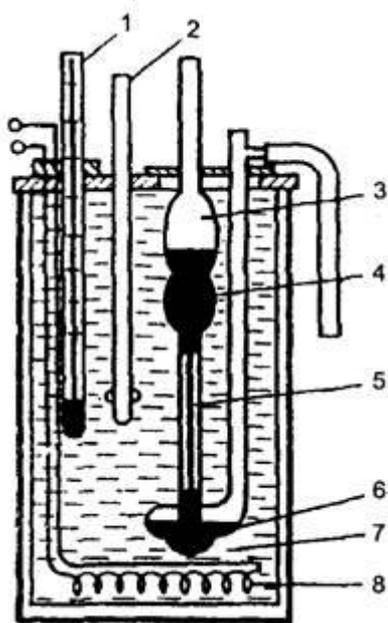


Рис. 5. Прибор для определения вязкости нефтепродуктов. 1 — термометр; 2 — мешалка; 3, 4, 6 — расширения вискозиметра; 5 — капилляр вискозиметра; 7 — термостат (баня); 8 — электроподогреватель

пускают секундомер, а в момент прохождения уровня метки Б, его останавливают. Замер времени производят с точностью до 0,1 с.

С той же порцией топлива испытание проводят несколько раз. Необходимо получить пять результатов времени истечения топлива, максимальная разность между которыми не превышала бы 1 % от абсолютного значения одного из них.

Для заполнения термостата применяют следующие жидкости: при температуре 100 °С — нефтяное прозрачное масло или глицерин, при 50 °С — воду, при 0 °С — смесь воды со льдом, при более низких температурах — этиловый спирт с твердой углекислотой.

Определение температуры застывания

Основные нарушения в системе подачи топлива при низких температурах

связаны с температурой помутнения и застывания топлива. В отличие от бензинов в дизельных топливах может находиться довольно много углеводородов с высокой температурой плавления, в первую очередь парафиновых (алкановых) углеводородов.

При понижении температуры наиболее высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов различной формы, топливо мутнеет.

Для обеспечения бесперебойной подачи топлива необходимо, чтобы температура помутнения топлива была ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется машина.

При дальнейшем охлаждении топлива кристаллы высокоплавких углеводородов начинают соединяться, образуя пространственную решетку, в ячейках которой остаются жидкие углеводороды. Затем образующаяся структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть — застывает.

Температурой застывания считается температура, при которой налитое в пробирку дизельное топливо при охлаждении в определенных условиях не изменяет положения мениска в течение 1 мин при наклоне пробирки под углом 45° от вертикали (ГОСТ 20287-91).

Температура застывания дизельного топлива — величина условная и служит лишь ориентиром для определения условий применения топлива.

Экспериментальная часть

Определение наличия механических примесей и воды (качественно)

Оборудование:

- стеклянный цилиндр диаметром 40—55 мм;
- образец испытуемого дизельного топлива.

Порядок выполнения работы

Соответствует материалу, который изложен в лабораторной работе № 3 (12) «Определение качества бензина».

Определение плотности дизельного топлива при 20 °С

Оборудование:

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

Порядок выполнения работы

Соответствует материалу, который изложен в лабораторной работе № 3 (12) «Определение качества бензина».

Определение кинематической вязкости при 20 °С

Оборудование:

- прибор для определения кинематической вязкости;
- набор вискозиметров;
- резиновая трубка с грушей;
- секундомер;
- дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать вискозиметр с требуемым диаметром капилляра. При выборе исходить из того, чтобы время истечения топлива находилось в пределах не менее 200 секунд (ГОСТ 33—2000). При меньшем времени истечения уменьшается точность замера времени секундомером, а при большем — удлиняется время анализа. В зависимости от температуры испытания и вязкости топлива рекомендуются капилляры со следующими диаметрами в мм:

Температура +50° +20° 0°

Диаметр капилляра 0,4—0,6 0,8—1,0 1,0—1,2

2. Заполнить вискозиметр топливом, для чего:

- на его боковой отвод надеть резиновую трубку с грушей;
 - перевернуть на 180° и погрузить узкое колено в испытуемое топливо;
 - закрыв пальцем отверстие широкого колена, засосать топливо с помощью груши в узкое колено;
 - по достижении топливом метки Б (см. рис. 2.2) прекратить отсос воздуха грушей и перевернуть вискозиметр открытыми концами колен вверх;
 - протереть узкое колено 2 (рис. 2.2) от топлива.
3. Установить вискозиметр в термостат в строго вертикальное положение (при этом верхняя метка должна быть ниже уровня воды) и выдержать его в бане не менее 15 мин при температуре 20°C . Температуру термостата во время работы поддерживать постоянной. Допускается отклонение не более $0,1^\circ\text{C}$.
 4. Сжатием груши перегнать топливо несколько выше кольцевой метки между расширениями. При этом вискозиметр находится в термостате, а широкое колено его закрывается пальцем.
- Во время проведения работы следить, чтобы не образовались пузырьки воздуха, разрывы и пленки.
5. Определить при помощи секундомера время истечения топлива, для чего:
 - отнять палец от широкого колена и вести наблюдение за перетеканием топлива;
 - когда уровень топлива достигнет верхней метки А (см. рис. 2.2), включить секундомер и выключить его, когда уровень топлива минует нижнюю метку Б.
 6. Повторить испытание три—пять раз.
 7. Подсчитать кинематическую вязкость по формуле (2.1).

Определение температуры помутнения и застывания

Оборудование:

- прибор для определения температуры помутнения топлива (рис. 2.4);
- штатив лабораторный;
- реактивы для охлаждающих смесей (соль—лед для температуры до минус 20°C ; спирт и углекислота — сухой лед — для температуры ниже минус 20°C);
- пробирка;
- образец топлива; — серная кислота.

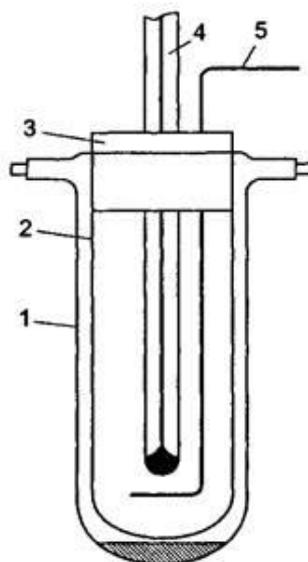


Рис. 6. Прибор для определения температуры помутнения и застывания топлива: 1 — пробирка наружная; 2 — пробирка внутренняя; 3 — пробка; 4 — термометр; 5 — мешалка

Сущность определения температуры помутнения топлива заключается в глубоком его охлаждении и визуальном наблюдении за изменением его состояния.

Сущность определения температуры застывания заключается в глубоком охлаждении топлива до состояния потери подвижности.

Порядок выполнения работы

1. Испытуемое топливо тщательно перемешать и налить во внутреннюю пробирку до метки (40 мм от дна нанесена метка). Пробирку закрыть корковой пробкой с термометром. Термометр вставить так, чтобы его ртутный шарик находился в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и равном расстоянии от стенок.
2. Налить испытуемое топливо в другую пробирку, которую использовать в качестве эталона прозрачности.
3. Заполнить сосуд прибора охлаждающей смесью, уровень которой поддерживать на 30—40 мм выше уровня топлива в пробирке. Температура охлаждающей смеси при испытании все время должна быть на 15 ± 2 °С ниже температуры испытуемого топлива.
4. Укрепить внутреннюю пробирку с топливом и термометром во внешней пробирке. Во избежание запотевания внутренних стенок между пробирками заливают серную кислоту в количестве 0,5—1,0 мл.
5. Поместить собранный прибор в охлаждающую смесь. Топливо во время охлаждения все время перемешивать.
6. За 5 °С до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынуть из охлаждающей смеси, быстро вытереть ватой, смоченной спиртом, и сравнить с эталоном. Продолжительность определения сравнения не более 12 с.
7. Если топливо по сравнению с прозрачным эталоном не изменилось, то пробирку снова опускают в сосуд прибора и дальнейшее наблюдение производят через каждый градус, понижая температуру топлива. Эти сравнительные наблюдения с прозрачным эталоном производят до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона, т. е. когда в нем появится муть. При определении температуры помутнения неизвестного образца топлива сначала устанавливают значения этих температур приблизительно путем наблюдения за состоянием топлива через каждые 5 °С.
8. Для определения температуры застывания топлива в соответствии с пунктами 1 и 2 подготовить прибор с испытуемым обезвоженным (с помощью свежепрокаленного хлористого кальция) топлива. Подготовленный прибор поместить в сосуд с охлаждающей жидкостью. Температура охлаждающей смеси должна быть на 5 °С ниже предполагаемой температуры застывания топлива.
9. Не вынимая из охлаждающей смеси, наклонить прибор под углом 45° и держать в таком положении в течение одной минуты, до тех пор, пока испытуемое топливо в пробирке примет температуру, соответствующую температуре его застывания.
10. Вынуть пробирку из охлаждающей смеси, протереть стенки ватой, смоченной в спирте, и наблюдать, не сместился ли мениск топлива. Если мениск не сместился, то топливо остается застывшим, и наоборот. Если температура топлива неизвестна даже приблизительно, испытание по смещению мениска проводят через каждые 5 °С понижения температуры топлива. Температуру смеси в этом случае поддерживают на 4—5° ниже температуры топлива. После проведения испытания прибор и рабочее место привести в первоначальное положение.

Составление отчета

1. По результатам анализов заполнить таблицу по форме:

Отчет о лабораторной работе по оценке качества

(указать наименование и марку продукта)

Цель работы			
Задание			
Результаты оценки	Основные показатели качества оцениваемого образца		
	Наименование показателей	По ГОСТу	Полученные на основании проведенных анализов
	Цвет		
	Механические примеси вода		
	Плотность, кг/м ³ при 20 °С		
	Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с		
	Температура застывания, °С, не выше		
	Температура помутнения, °С, не выше		
Заключение о пригодности образца к применению			

2. На основании данных анализа топлива определить возможные области его применения (сезонные, климатические).

Контрольные вопросы

1. Что такое динамическая и кинематическая вязкость?
2. Что такое вязкостно-температурные свойства масел и какими показателями они оцениваются?
3. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства масел?
4. С какими вязкостями применяются масла на автомобилях зимой и летом?
5. Перечислите марки моторных и трансмиссионных масел и их применение.
6. Что такое индекс вязкости?

Список рекомендуемой литературы

Основная

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка). - М.: ОИЦ «Академия», 2018 - 240 с.
2. Жуковец И.И. Механические испытания металлов. - М.: Высш.шк., 2016. - 199 с.
3. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело (НПО и СПО). - Ростов н/Д.: Феникс, 2013 - 395 с.
4. Основы материаловедения: учебно-методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ для студентов (технический профиль) - Череповец, 2014. - 54 с. Федорова Е.В.
5. Черепяхин А.А., Технология обработки материалов.- Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. - 4-е изд., М. Академия.- 2018г. - 273с
6. Стуканов В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы. 2017 г. Моряков О.С., Материаловедение.- Уч./ 5-е изд., стер., М.ИЦ Академия, 2016г., 288с.
7. Солнцев Ю.П., Вологжанин С.А., Материаловедение.- 7-е изд./ М. ИЦ Академия, 2015г. - 496с.

Дополнительная:

1. Журнал «Материаловедение». [Электронный ресурс] - форма доступа http://www.nait.ru/journals/index.php?pJournal_id=2.
2. Материаловедение: образовательный ресурс, форма доступа <http://www.supermetalloved/narod.ru>.
3. Марочник сталей. [Электронный ресурс] - форма доступа www.splav.kharkov.com.
4. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. [Электронный ресурс] - форма доступа www.fcior.ru.
5. Методические рекомендации для выполнения практических и лабораторных работ являются частью основной профессиональной образовательной программы подготовки квалифицированных рабочих и служащих по профессии Иркутск, ГБПОУ ИТМ, 2017.

Интернет-ресурсы:

1. Все о материалах и материаловедении// Ма1;епа11.ги: URL: <http://materiall.ru/>.
2. Материаловедение // Material Science Group: URL: www.materialscience.ru.
3. Платков В.. Литература по материалам и материаловедению // Materialu.com.: URL: <http://materialu-adam.blogspot.com/>
4. Сайт для студентов и преподавателей // twirpx.com: URL: <http://www.twirpx.com/files/machinery/material>.