

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Иркутской области**

**«Иркутский техникум транспорта и строительства»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине  
ОП.04 «Материаловедение»**

по специальности среднего профессионального образования  
**23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов  
автомобилей**

**Квалификация:** специалист

**Форма обучения** - очная

**Нормативный срок обучения** - 3 года и 10 мес.

на базе основного общего образования

Иркутск, 2024 г.

Методические указания для выполнения лабораторных работ учебной дисциплины разработаны на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности среднего профессионального образования **23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей**
- Примерной программы общепрофессиональной дисциплины «Материаловедение» для профессиональных образовательных организаций;
- Рабочей программы общепрофессиональной учебной дисциплины «Материаловедение».

Методические указания разработаны на основе рабочей программы дисциплины ОП.04 **Материаловедение**. Методические указания содержат рекомендации к лабораторным работам, требования к знаниям и умениям. Приведён список основной литературы и нормативных документов, рекомендованных для подготовки к работам.

Методические рекомендации предназначены для оказания помощи обучающимся в подготовке и проведении лабораторных работ, предусмотренных программой общепрофессиональной дисциплины для освоения ФГОС среднего общего образования по материаловедению.

В методических рекомендациях определены цели и задачи выполнения лабораторных работ, даётся план проведения и порядок оформления работ, критерии оценивания. Рекомендации универсальны, и могут использоваться при выполнении лабораторной работы любой тематики.

Текущие лабораторные работы представлены в логической последовательности, согласно учебному плану. Дано подробное описание конкретной лабораторной работы, контрольные вопросы или дополнительное задание к работе.

Организация – разработчик: ГБПОУ ИО «Иркутский техникум транспорта и строительства»

Разработчик:

Рассмотрена и одобрена на заседании  
ДЦК  
Протокол № 10 от 11.06.2024 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

| <b>№ п/п</b> | <b>Наименование</b>         | <b>стр</b> |
|--------------|-----------------------------|------------|
| 1.           | Пояснительная записка       | 4          |
| 2            | Перечень лабораторных работ | 7          |
| 3            | Лабораторная работа № 1     | 7          |
| 4.           | Лабораторная работа № 2     | 8          |
| 5.           | Лабораторная работа № 3     | 13         |
| 6.           | Лабораторная работа № 4.    | 17         |
| 7.           | Информационное обеспечение  | 22         |

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Материаловедение является общепрофессиональной дисциплиной, устанавливающей базовые знания для освоения профессионального модуля ПМ 01. «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта».

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- строение и свойства машиностроительных материалов;
- методы оценки свойств машиностроительных материалов;
- области применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов;
- методы защиты от коррозии;
- способы обработки материалов

При изучении теоретического материала учебной дисциплины необходимо постоянно обращать внимание студентов на ее прикладной характер; показывать, где и когда изучаемые теоретические положения и практические навыки могут быть применены в будущей профессиональной деятельности.

В связи с тем что, при изучении курса «Материаловедение» каждое новое понятие и каждая новая тема базируется на знании предыдущего материала пройденного на уроках физики, химии, дополнительное время распределилось в соответствии с объемом и сложностью изучаемого материала

В результате освоения учебной дисциплины «Материаловедение» реализуется следующие требования, предъявляемые к освоению программы подготовки специалистов среднего звена по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта».

**В части общих компетенций:**

**ОК 1.** Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;

**ОК 2.** Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

**ОК 3.** Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

**ОК 4.** Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

**ОК 5.** Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.

**ОК 6.** Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

**ОК 7.** Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.

**ОК 8.** Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение

квалификации.

**ОК 9.** Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

**ОК 10.** Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

**В части профессиональных компетенций:**

**ПК 1.1.** Организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту автомобильного транспорта.

**ПК.1.2.** Осуществлять технический контроль при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автомобильных средств.

**ПК.1.3.** Разрабатывать технологические процессы ремонта узлов и деталей.

**ПК.2.3.** Организовывать безопасное ведение работ при техническом обслуживании и ремонте автотранспорта.

Рабочая программа учебной дисциплины «Материаловедение» рассмотрена на заседании ДЦК «Направлений подготовки в области техники и технологии автомобильного транспорта» «Иркутского техникума транспорта и строительства, согласована с заместителем директора по учебной работе.

| Код<br>ПК, ОК  | Умения   | Знания   |
|--|--|--|
| ПК 1.1-ПК 1.3<br>ПК 3.2-ПК 3.3<br>ПК 4.1-ПК 4.3<br>ПК 6.2-ПК 6.3 | <ul style="list-style-type: none"><li>- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения при производстве, ремонте и модернизации автомобилей;</li><li>- выбирать способы соединения материалов и деталей;</li><li>- назначать способы и режимы упрочения деталей и способы их восстановления, при ремонте автомобиля, исходя из их эксплуатационного назначения;</li><li>- обрабатывать детали из основных материалов;</li><li>- проводить расчеты режимов резания.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- строение и свойства машиностроительных материалов;</li><li>- методы оценки свойств машиностроительных материалов;</li><li>- области применения материалов;</li><li>- классификацию и маркировку основных материалов, применяемых для изготовления деталей автомобиля и ремонта;</li><li>- методы защиты от коррозии автомобиля и его деталей;</li><li>- способы обработки материалов;</li><li>- инструменты и станки для обработки металлов резанием, методику расчета режимов резания;</li><li>- инструменты для слесарных работ.</li></ul> |

Лабораторные работы - важнейшая составная часть обучения материаловедения, направленная на гармоничное развитие личности студента. Они имеют большое теоретическое и практическое значение. Основной целью лабораторных работ является углубление и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по материаловедению. Лабораторные занятия должны вооружить студентов практическими навыками исследования, расчета и контроля.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по материаловедению разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Содержание методических указаний по выполнению лабораторных и практических работ по материаловедению соответствует требованиям Федерального государственного стандарта среднего профессионального образования.

По учебному плану в соответствии с рабочей программой на изучение материаловедения обучающимися предусмотрено аудиторных занятий 64 часов, из них лабораторных занятий – 8 часов. Пособие включает 4 лабораторные работы по темам курса материаловедения. Каждая лабораторная работа содержит сведения о цели ее проведения и практическом использовании результатов исследования, о необходимых для проведения работы материалах, приборах, инструментах, приспособлениях; включает описание работы и нормативные данные об испытываемых материалах.

К выполнению лабораторных работ студенты приступают после подробного изучения соответствующего теоретического материала. Перед проведением лабораторной работы необходимо ознакомиться с устройством оборудования и приборов, ознакомиться с правилами обращения с ними. При проведении испытаний необходимо соблюдать правила техники безопасности. Нельзя без разрешения преподавателя включать рубильники и пускатели, приводить в действие лабораторные машины если таковые имеются и оборудование, использовать реактивы не по назначению.

После окончания занятий студенты приводят в порядок лабораторное оборудование и рабочее место. В процессе выполнения лабораторной работы и после окончания ее студент должен показать преподавателю полученные им опытные результаты и вытекающие из них выводы. После утверждения преподавателем указанных результатов и выводов каждый студент оформляет отчет по работе, который представляется на проверку и подпись преподавателю в тот же день либо на следующем лабораторном занятии.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| № п/п | Наименование лабораторных работ   | Стр. |
|-------|---|------|
| 1.    | ЛР № 1. Измерение твердости материала по методике Роквелля и Бринеля                                |      |
| 2.    | ЛР № 2. Термическая обработка углеродистой стали. Закалка и отпуск стали                            |      |
| 3.    | ЛР № 3. Химико-термическая обработка легированной стали   |      |
| 4.    | ЛР № 4. Определение качества бензина, дизельного топлива.<br>Определение качества пластичной смазки |      |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**Тема: Ознакомление с методикой измерения твердости по Роквеллу и Бринеллю**

**Цель:** научиться определять твердость металлов различными способами.

**Оборудование:** твердомер Бринелля; твердомер Роквелла; образцы в виде пластин или дисков из различных металлов; таблицы показателей механических свойств металлов и сплавов.

Время на проведение работы – 2 часа

### **Задание:**

1. Изучите методику определения твердости по Бринеллю и Роквеллу.
2. Определите твердость металлов и сплавов различными способами.
3. Составьте отчет о работе по форме 1.

### **Подготовительные работы**

Заранее подготавливают образцы различных металлов и сплавов, твердость которых будут определять. Образцы изготавливают в виде пластин или дисков с параллельными плоскостями. Толщина пластин или дисков зависит от предполагаемой твердости металла.

Так, толщина образцов из мягких сталей, алюминия, меди должна быть не меньше 6 мм, из других сталей, дюралюмина, силуминов, никеля, бронз, латуней – не менее 4 мм.

Поверхность образцов очищают от окалины и других посторонних веществ. На ней не должно быть вмятин, следов от ударов, раковин.

### **Содержание работы**

Твердостью металла называют его способность сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела. Твердость металлов определяют, измеряя деформации в поверхностном слое металла при вдавливании в него шарика или индикатора (деталь в виде острия) под действием регламентированной нагрузки.

Определение твердости по Бринеллю. Твердость металла по Бринеллю оценивают по диаметру отпечатка на поверхности испытуемого металла, оставленного вдавливаемым шариком.

Твердость определяют с помощью твердомера Бринелля (рис. 1).

Испытуемый образец 8 кладут на рабочий стол твердомера 9 так, чтобы центр отпечатка отстоял от края образца не менее чем на 2,5 диаметра предполагаемого отпечатка (для меди и алюминия 3,0d), а расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее 4,0d, а для меди и алюминия 6,0d. Вращением рукоятки 12, насаженной на червячный вал редуктора 11, поднимают стол 9 с образцом 8. При этом шарик наконечника вдавливается в поверхностный слой образца 8. Одновременно наконечник через поршень 6 сжимает в гидроцилиндре 5 масло, давление в котором определяют по манометру 4.

Шарики наконечника - съемные, изготовлены из термически обработанной стали с твердостью, определенной по методу Виккерса не менее HV 850. Диаметр применяемых шариков 2, 5 и 10 мм. Для образцов, толщина которых указана в описании подготовительных работ, используют шарики диаметром 10 мм.

— — —

Рисунок 1 – Твердомер Бринелля 1- станина; 2 - колонна; 3- консоли;

4 - манометр; 5 - гидроцилиндр;  
6 - поршень; 7- сменный наконечник;  
8 - испытуемый образец; 9-рабочий стол;  
10-червячный винт; 11-червячный редуктор; 12 – рукоять  
Таблица 1- Размер нагрузки и время выдержки под нагрузкой при диаметре шарика 10 мм

— — —

Нагрузку на образец определяют по показанию манометра 4, который в некоторых случаях градуирован на величину нагрузки в кгс. Требуемое показание манометра устанавливают по формуле:  $M=P/F_{п}$ , (1) где  $M$  – показание манометра, кгс/см;  $P$  – требуемая нагрузка по таблице 1, кгс;  $F_{п}$  – площадь поршня цилиндра, см<sup>2</sup>.

После того как время выдержки истечет, нагрузку снимают, вращая рукоять 12 в обратном направлении. Образец снимают со стола 9 и измеряют диаметр отпечатка отсчетным микроскопом, который входит в комплект прибора. Замер производят с погрешностью не более 0,01 мм. Твердость металла характеризуется числом твердости по

### **Бринеллю НВ, которое определяют по формуле:**

— — —

где  $P$  – усилие, действующее на шарик, кг;  
 $S$ - площадь поверхности отпечатка, мм;  
 $D$ - диаметр шарика, мм.;  
 $d$  – диаметра отпечатка, мм;  
НВ – твердость по Бринеллю.

Например, при измерении твердости шариком диаметром 10 мм под нагрузкой 3000 кгс, выдерживаемой в течение 10 с, число твердости по Бринеллю выражается символом НВ, например НВ 180. При других параметрах испытания их символ дополняется индексом. Например, НВ 5/750/30-200, что означает число твердости по Бринеллю 200 при испытании шариком диаметром 5 мм, под нагрузкой 750 кгс, приложенной в течение 30 с.

К прибору Бринелля прилагается таблица, в которой число твердости по Бринеллю указано в зависимости от диаметра отпечатка и нагрузки. При наличии таких таблиц подсчеты по формуле (2) можно не делать.

Результаты испытания записывают в тетрадь по форме 1.

Форма 1

— — —

Определение твердости по Роквеллу. Твердость металлов по Роквеллу оценивается глубиной проникновения в него наконечника (алмазного конуса или стального шарика), вдавливаемого с определенной силой. За условную единицу твердости по Роквеллу принята величина, соответствующая проникновению наконечника на 0,002 мм.

Твердость определяют на рычажном твердомере Роквелла (рис. 2).

### **Рис. 2 - Твердомер Роквелла:**

1 – станина, 2 – колонны, 3 – груз, 4 – рычажное устройство, 5 – рукоять включения, 6 – индикатор, 7 – сменный наконечник, 8 – стальной шарик или индектор (алмазный конус), 9 – испытуемый образец, 10 – рабочий стол, 11 – маховик  
Сменные наконечники 7 прибора оканчиваются стальным шариком диаметром 1,588 мм или индектором 8, представляющим собой алмазный конус.

На циферблате индикатора 6, по которому определяют число твердости, нанесены три шкалы: А, В, С. Шкала А служит для отсчетов при испытаниях алмазным конусом под общей нагрузкой 60 кгс. Число твердости в этом случае обозначается индексом HRA;

пределы измерений HRA 70 – 90 единиц твердости. По шкале С твердость измеряют при том же наконечнике, но при общей нагрузке 150 кгс. Пределы измерений HRC 20 – 67.

Шкала В предназначена для отсчетов при испытаниях шариком с общей нагрузкой 100 кгс. Пределы измерений по этой шкале HRB 25 – 100.

Наименьшая цена деления индикатора на всех шкалах равна 0,5 единиц твердости, что соответствует проникновению на 0,001 мм.

Твердость определяют в такой последовательности. В зависимости от ориентировочно ожидаемой твердости металла вставляют наконечник 7 и подвешивают груз 3. Образец 9 устанавливают на рабочий стол 10 твердомера таким образом, чтобы расстояние от отпечатка до края и до предыдущего отпечатка было не менее 30 мм.

Общая нагрузка на наконечник Р складывается из предварительной P0 и основной P1.

Предварительная нагрузка P0, которая во всех случаях равна 10 кгс, создается путем приближения образца к неподвижному наконечнику с помощью вращения маховика 11. В этот момент, когда предварительная нагрузка достигнет 10 кгс, маленькая стрелка индикатора совпадет с красной точкой, нанесенной на его циферблате. Затем, вращая обойму индикатора, совмещают его большую стрелку с нулевой точкой.

После этого рукояткой 5 плавно отводят опоры от рычажного устройства 4, передавая тем самым нагрузку от груза 3 через рычажное устройство на наконечник 7.

Проникновение индикатора 8 наконечника в образец фиксируется по одной из шкал индикатора. Для этого через 1-3 с после резкого замедления движения стрелки индикатора снимают основную нагрузку. Отсчет берут при продолжающемся действии предварительной нагрузки. Погрешность отсчета не более  $\pm 0,5$  единиц шкалы. Взяв отсчет, снимают предварительную нагрузку. Результаты испытания записывают в отчет по форме 1.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

**Тема: Термическая обработка углеродистой стали. Закалка и отпуск стали**

**Цель:** ознакомиться с практическими приемами закалки и отпуска стали и с влиянием операций на механические свойства сталей.

**Оборудование:** муфельная электропечь; пресс Бринелля и специальная лупа к нему; прибор Роквелла, ванночки с водой, набор нумерованных пластинок из различных сталей, целых и в изломе, секундомер, щипцы; маятниковый копер.

Время на проведение работы – 2 часа

### **Задание:**

1. Определите твердость стальных пластинок до проведения закалки.
2. Произведите закалку и отпуск стальных пластинок.
3. Определите твердость стальных пластинок после закалки и отпуска.
4. Соотнесите полученные числа твердости до и после закалки с отпуском.
5. Составьте отчет о работе по форме 2.

Содержание работы Закалка стали состоит в нагреве стали до определенных высоких температур (выше 723 °С), выдержке при требуемой температуре и последующем быстром охлаждении в воде, масле или другой охлаждающей среде. Цель закалки: придать высокую твердость режущим инструментам, высокую прочность и упругость деталям машин. Результаты закалки зависят от скорости температуры нагрева, продолжительности выдержки при этой температуре и скорости охлаждения, а также от прокаливаемости стали.

Детали и инструменты, прошедшие закалку, нельзя применять без дополнительной термообработки – отпуска, так как у них велики внутренние напряжения вследствие наличия мартенситной структуры и эти изделия хрупки. Операцией термообработки, посредством которой ослабляют напряжения и придают закаленным изделиям требуемую структуру и надлежащие свойства, является отпуск, выполняемый сразу же после закалки.

Сущность отпуска состоит в том, что при отпуске происходит распад мартенсита и аустенита в закаленной стали, вместо них образуются более устойчивые структуры, а именно троостит и сорбит. Последние придают стали вязкость и пластичность в сочетании с определенной твердостью и прочностью. Температуру нагрева при отпуске контролируют приборами, а также по цветам побежалости.

Термическое улучшение – это совместно проводимые закалка и высокий отпуск – операции, повышающие механические свойства стали.

Экспериментальная часть Порядок выполнения работы

1. Вычертите таблицу для записи данных лабораторных работы по форме 2.
2. Возьмите две пластинки и запишите их номера в графе 1 таблицы.
3. Зачистите напильником поверхность пластинок и произведите на прессе Бринелля вдавливание в пластинки стального шарика диаметром 5 мм.
4. Измерьте при помощи лупы диаметры отпечатков, полученных на пластинках, и запишите результат в графе 2 таблицы.
5. По известной вам таблице "Соотношение между числами твердости" определите число твердости по Бринеллю для испытанных образцов и запишите это число в графе 4 оформленной таблицы.

6. Произведите закалку пластинок в такой последовательности: поместите пластинки в электропечь для нагрева до красного каления; через 10 мин. щипцами выньте поочередно пластинки из печи и погрузите их в ванночки с холодной водой.

7. Произведите высокий отпуск закаленных пластинок (нагрев до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

8. После этого испытайте пластинки на приборе Бринелля при тех же условиях, какие указаны в пункте 3. Запишите результаты в графе 3 таблицы.

9. По таблице «Соотношение между числами твердости» найдите числа твердости для закаленных пластинок по Бринеллю и запишите эти данные в графе 5 таблицы.

10. Произведите дополнительные наблюдения:

а) сравните твердость сырой и закаленной пластинок царапанием;

б) рассмотрите излом сырой и закаленной пластинки.

11. Сделайте выводы:

а) напишите, как изменилась твердость стали в результате закалки и отпуска;

б) опишите результаты дополнительных наблюдений.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

### Тема: Химико-термическая обработка легированной стали

**Цель работы:** изучить технологию термической обработки стали (закалка, отпуск, нормализация, отжиг) и познакомиться с закономерностями изменения твердости образцов стали в исходном (г.к.) состоянии и после термообработки.

**Оборудование и материалы:** компьютер, проектор, экран, учебник Л.В. Журавлева Электроматериаловедение; слайдовая презентация; образцы материалов: сталь.

#### Порядок выполнения работы:

1. Просмотреть видеоматериал о способах термической обработки стали.
2. Изучить технологию термической обработки стали, влияние температуры на физические свойства стали.
3. Провести анализ:
  - сущность термической обработки стали.
  - виды термической обработки стали.
  - цель закалки стальных изделий.
  - отпуск стали после закалки.
  - сущность отжига, нормализация стали?
4. Сделать вывод о работе.
5. Оформить отчет.

Домашнее задание: Выучить основные способы химико-термической обработки стали, их назначение и применение.

#### *Раздаточный материал к лабораторной работе*

##### **1. Основы термической обработки**

**Термическая обработка** – это технологический процесс, состоящий из нагрева стали до определенной температуры выдержка при этой температуре определенной время и охлаждения при заданной скорости с целью изменения его структуры и свойств.

На стадии изготовления деталей строительных конструкций необходимо, чтобы металл был пластичным, нетвердым, имел хорошую обрабатываемость резанием.

В готовых изделиях всегда желательно иметь материал максимально прочным, вязким, с необходимой твердостью.

Такие изменения в свойствах материала позволяет сделать термообработка. Любой процесс термообработки может быть описан графиком в координатах температура-время и включает нагрев, выдержку и охлаждение. При термообработке протекают фазовые превращения, которые определяют вид термической обработки.

Температура нагрева стали зависит от положения ее критических точек и выбирается по диаграмме состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C в зависимости от вида термической обработки. Критические точки (температуры фазовых превращений) определяют: линия PSK – точку A<sub>1</sub>, GS – точку A<sub>3</sub> и SE – точку A<sub>m</sub>. Нижняя критическая точка A<sub>1</sub> соответствует превращению A ↔ P при 727°C. Верхняя критическая точка соответствует началу выделения феррита из аустенита (при охлаждении) или концу растворения феррита в аустените (при нагреве). Температура линии SE, соответствующая началу выделения вторичного цементита из аустенита, обозначается A<sub>m</sub>.

Время нагрева до заданной температуры зависит, главным образом, от химического состава стали и толщины наиболее массивного сечения детали (в среднем 60 с на каждый миллиметр сечения).



Рис. 1. Печь для термической обработки

Выдержка при температуре термообработки необходима для завершения фазовых превращений, происходящих в металле, выравнивания температуры по всему объему детали. Продолжительность выдержки зависит от химического состава стали и для нелегированных сплавов определяется из расчета 60 с. на один миллиметр сечения. Скорость охлаждения зависит, главным образом, от химического состава стали, а также от твердости, которую необходимо получить.

Самыми распространенными видами термообработки сталей являются закалка и отпуск. Производятся с целью упрочнения изделий.

Виды операций термической обработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск.

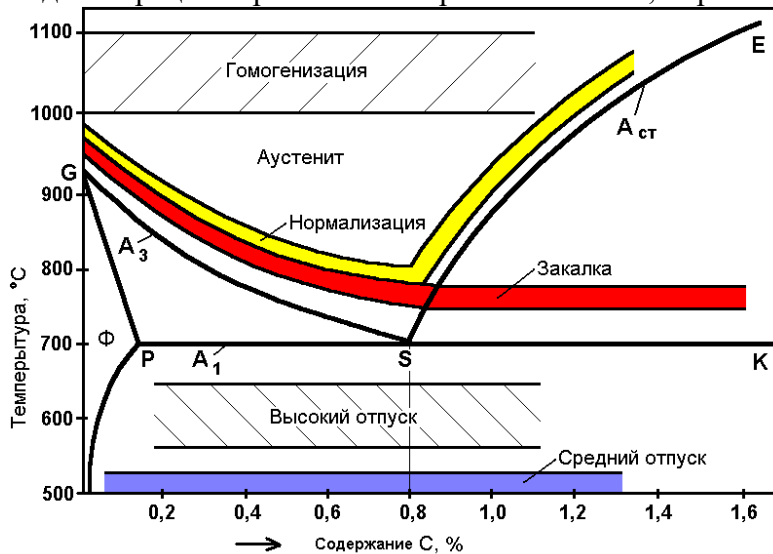


Рис.2. Диапазон оптимальных температур нагрева при различных видах термической обработки

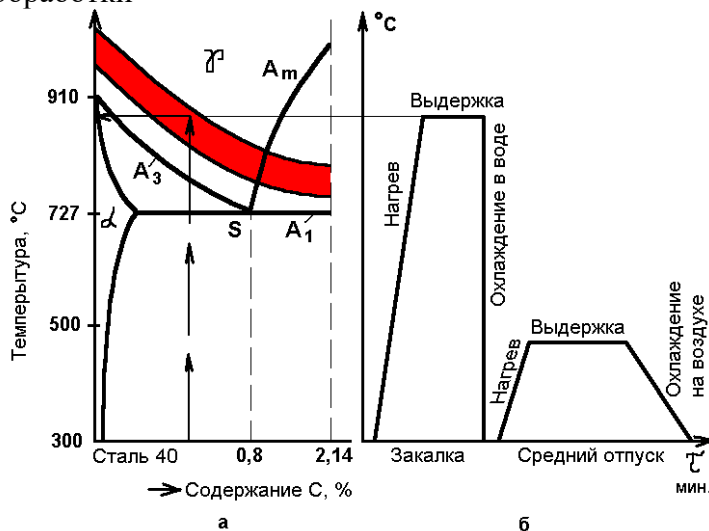


Рис. 3. Выбор оптимальной температуры закалки стали (а) и отпуска (б)

## Закалка сталей

Закалкой называется фиксация при комнатной температуре высокотемпературного состояния сплава. Основная цель закалки – получение высокой твердости, прочности и износостойкости. Для достижения этой цели стали нагревают до температур на 30 – 500С выше линии GSK (рис..2), выдерживают определенное время при этой температуре и затем быстро охлаждают. Процессы, происходящие в сплаве на различных стадиях закалки, можно рассмотреть на примере эвтектоидной стали. В исходном отожженном состоянии эта сталь имеет структуру перлита (эвтектоидная смесь феррита и цементита). При достижении температуры A1 (727 0С) произойдет полиморфное превращение, т.е. перестройка кристаллической решетки феррита (ОЦК) в решетку аустенита (ГЦК), вследствие чего растворимость углерода резко возрастает. В процессе выдержки весь цементит растворится в аустените и концентрация углерода в нем достигнет содержания углерода в стали, т.е. 0,8 %. Следующий этап – охлаждение стали из аустенитной области до комнатной температуры – является определяющим при закалке. При охлаждении стали ниже температуры A1 происходит обратное полиморфное превращение, т.е. решетка аустенита (ГЦК) перестраивается в решетку феррита (ОЦК) и при этом растворимость углерода уменьшается в 40 раз (с 0,8 до 0,02). Если охлаждение происходит медленно, то “лишний” углерод успевает выйти из решетки феррита и образовать цементит. В результате формируется структура феррито-цементитной смеси. Если же охлаждение производится быстро, то после полиморфного превращения углерод остается вследствие подавления диффузионных процессов в решетке ОЦК. Образуется пересыщенный твердый раствор углерода в железе, который называется мартенситом.

**Практической целью закалки** является получение максимальной прочности и твердости стали. Достигается эта цель при следующих режимах: нагрев стали на 30 – 500С выше линии GSK, выдержка при этой температуре и охлаждение со скоростью  $\square$  Vкр.

По температуре нагрева различают полную и неполную закалку. *Полная закалка* осуществляется из аустенитной области. После охлаждения с критической скоростью закалки у всех углеродистых сталей образуется структура мартенсита. Полной закалке подвергают изделия из доэвтектоидных сталей, при этом исключается образование мягких ферритных включений. *Неполная закалка* – закалка из промежуточных, двухфазных областей (A + Ф), (A+ЦII). В результате охлаждения с критической скоростью в доэвтектоидных сталях образуется структура Ф + М, а в заэвтектоидных – М + ЦII. Неполной закалке подвергают инструмент из заэвтектоидной стали, поскольку наличие включений вторичного цементита увеличивает твердость закаленного инструмента, т.к. цементит по твердости превосходит мартенсит

**Отпуск.** К важнейшим механическим свойствам сталей наряду с твердостью относятся и пластичность, которая после закалки очень мала. Структура резко-неравновесная, возникают большие закалочные напряжения. Чтобы снять закалочные напряжения и получить оптимальное сочетание свойств для различных групп деталей, обычно после закалки проводят отпуск стали. Отпуском стали является термообработка, состоящая из нагрева закаленной стали до температуры ниже линии PSK (критическая точка A1), выдержки при этой температуре и дальнейшего произвольного охлаждения. Этот процесс связан с изменением строения и свойств закаленной стали. При отпуске происходит распад мартенсита, переход к более устойчивому состоянию. При этом повышается пластичность, вязкость, снижается твердость и уменьшаются остаточные напряжения в стали. Механизм протекающих превращений при отпуске сталей – диффузионный, он определяется температурой и продолжительностью нагрева.

Первое превращение, протекающее в интервале 80 – 2000С, соответствует выделению из мартенсита тонких пластин – карбида Fe<sub>2</sub>C. Выделение углерода из решетки приводит к уменьшению степени еетрагональности. Полученный при этом мартенсит, имеющий степень тетрагональности, близкую к 1, называется отпущенным.

При нагреве закаленной стали выше 3000С происходит полное выделение углерода из раствора и снятие внутренних напряжений. Сталь состоит из мелкодисперсной смеси феррита и цементита (троостит отпуска).

При нагреве до температуры выше 4800С идет процесс коагуляции (укрупнения) карбидных частиц и максимальное снятие остаточных напряжений. Формируется структура сорбита отпуска.

В зависимости от температуры нагрева различают низкий, средний и высокий отпуск. Низкий отпуск проводят в интервале температур 80 – 2500С для инструментов-изделий, которым необходимы высокая твердость и износостойкость. Получаемая структура МОТП или МОТП + ЦП (мартенсит отпуска + цементит вторичный).

Средний отпуск (350 – 5000С) применяется для рессор, пружин, штампов и другого ударного инструмента, т.е. для тех изделий, где требуется достаточная твердость и высокая упругость. Получаемая структура – ТОТП (троостит отпуска).

Высокий отпуск (500 – 6500С) полностью устраняет внутренние напряжения. Достигается наилучший комплекс механических свойств: повышенная прочность, вязкость и пластичность. Применяется для изделий из конструкционных сталей, подверженных воздействию высоких напряжений. Структура – СОТП (сорбит отпуска).

Термообработку, заключающуюся в закалке на мартенсит и последующем высоком отпуске, называют улучшением.

**Нормализация.** Нормализацией называется нагрев сталей на 30 — 50°С выше линии доэвтектоидных, а эвтектоидной и заэвтектоидных - выше линии Am, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение на воздухе. После нормализации изделия из доэвтектоидной, заэвтектоидной и эвтектоидной сталей приобретают однородную структуру по сечению - пластинчатый сорбит. Сорбит представляет собой механическую смесь двух фаз феррита и цементита.

Нормализацию применяют для снижения внутренних напряжений, измельчения зерна после литья, для подготовки структуры к последующей операции термической обработки. Нагрев заэвтектоидной стали выше линии - Am при нормализации проводится с целью растворения цементитной сетки для улучшения обрабатываемости резанием и для подготовки структуры к закалке.

### **Отжиг сталей**

Чтобы облегчить механическую или пластическую обработку стальной детали, уменьшают твердость путем отжига. Так называемый **полный** отжиг заключается в том, что деталь или заготовку нагревают до температуры 900° С, выдерживают при этой температуре некоторое время, необходимое для прогрева ее по всему объему, а затем медленно (обычно вместе с печью) охлаждают до комнатной температуры.

Внутренние напряжения, возникшие в детали при механической обработке, снимают **низкотемпературным** отжигом, при котором деталь нагревают до температуры 500—600° С, а затем охлаждают вместе с печью. Для снятия внутренних напряжений и некоторого уменьшения твердости стали применяют **неполный** отжиг — нагрев до 750—760° С и последующее медленное (также вместе с печью) охлаждение.

Разновидностью отжига стали является **гомогенизация** – создание однородной (гомогенной) структуры в сплавах путем ликвидации микронеоднородностей структуры сплава, возникающих при неравновесной кристаллизации расплава. При гомогенизации сплавы подвергаются т.н. диффузионному или гомонизирующему отжигу, что повышает пластичность и стабильность механических свойств сплава.

При гомогенизации сталь нагревается до температуры 1000 – 11000С выдерживается при этой температуре для полного равномерного прогрева всего сечения образца и медленно охлаждается вместе с печью.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**Тема: Определение качества бензина, дизельного топлива. Определение качества пластичной смазки**

**Цель работы:** ознакомиться и закрепить знания по основным маркам дизельных топлив, с нормативно-технической документацией по качеству дизельных топлив (ГОСТами на показатели качества и методы их определения), ознакомиться и изучить методы проведения контрольного анализа дизельных топлив (определение плотности, вязкости и температуры застывания топлива), а также приобрести навыки по контролю и оценке качества дизельных топлив, и по определению пригодности их для применения в двигателях внутреннего сгорания.

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

знать:

- основные марки дизельных топлив (ДТ), применяемых на автомобильном транспорте, их свойства и особенности;
- основные нормативно-технические документы по качеству дизельных топлив (ГОСТы на показатели качества и методы их определения);
- основные методы проведения контрольного анализа дизельных топлив: определение плотности, вязкости, температуры застывания топлива и других.

уметь:

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

### Порядок выполнения работы

Рассмотреть требования к качеству дизельных топлив, свойства и показатели дизельных топлив, влияющих на смесеобразование, подачу топлива, процесс сгорания, образование отложений и коррозионную активность, основные марки дизельных топлив и их применение.

Оценить испытуемый образец топлива по внешним признакам: прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей. Ознакомиться с имеющейся в лаборатории коллекцией стандартных дизельных топлив, а затем сравнить с ними по внешним признакам испытуемый образец топлива и дать предварительное заключение о принадлежности образца к той или иной марке дизельного топлива.

Определить плотность дизельного топлива при 20 ОС.

Определить кинематическую вязкость при 20 ОС.

Определить температуру помутнения и застывания.

Произвести расчет цетанового числа исследуемого топлива.

Установить по имеющимся стандартным параметрам марку исследуемого дизельного топлива, соответствие его ГОСТу и решить вопрос о применении его для автомобилей в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Выполнить необходимые работы, оговоренные в задании.

Оформить отчет, сделать техническое заключение. Ответить на контрольные вопросы. Краткие теоретические сведения, состав и последовательность выполнения работы.

Оценка дизельных топлив по внешним признакам

Дизельные топлива (ДТ) предназначены для дизелей и являются нефтяными фракциями, выкипающими при температуре от 200 до 350 °С. По химическому составу они представляют собой смесь нормальных алканов, изоалканов, циклоалканов и небольшого количества ароматических углеводородов. ДТ должны отвечать следующим требованиям: иметь определенные плотность, поверхностное натяжение, испаряемость и самовоспламеняемость; сохранять текучесть при низких температурах; быть химически и физически стабильными; обладать минимальным коррозионным воздействием; не содержать воды и механических примесей.

Оценку дизельных топлив по внешним признакам следует выполнять теми же методами, которые рассмотрены применительно к бензинам в описании работы №1, кроме характерных особенностей, относящихся к цвету и запаху топлив.

Все дизельные топлива окрашены, что связано с наличием в них растворенных смол. В зависимости от природы и количества смол цвет топлив изменяется от желтого до светло-коричневого (определяется при помощи стеклянных цилиндров диаметром 40-55 мм). Чем меньше интенсивность окраски топлива (т.е. чем оно светлее), тем меньше в нем смолистых веществ и тем выше его качество.

В большинстве случаев запах дизельных топлив не резкий. По своему характеру он является типичным для многих нефтепродуктов (за исключением бензинов и керосинов). Зимние и особенно арктические сорта дизельных топлив мало отличаются по фракционному составу от керосинов, поэтому и по запаху они схожи с керосинами.

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

#### **Порядок выполнения работы:**

Проводится теми же методами, которые рассмотрены в работе № 1.

Измерение плотности дизельного топлива

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

Порядок выполнения работы:

Проводится теми же методами, которые рассмотрены в работе № 1.

Определение кинематической вязкости

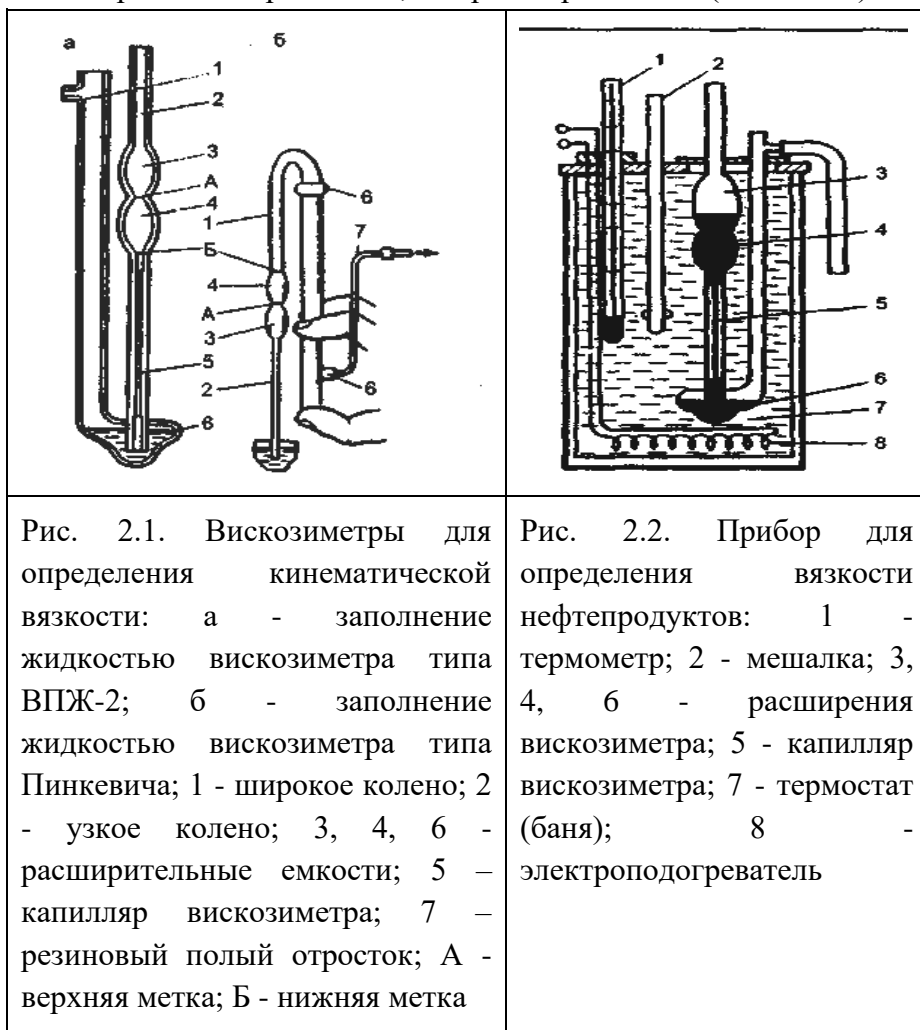
Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев. Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости выражают в единицах динамической или кинематической вязкости. За единицу динамической вязкости  $\eta$  принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление силой в 1 Н, вызванным взаимным сдвигом двух слоев этой жидкости площадью 1 м<sup>2</sup>, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга и перемещающихся со скоростью 1 м/с. Динамическая вязкость измеряется в Па • с. В ГОСТах на нефтепродукты указывается кинематическая вязкость  $\nu$ , которая равна отношению динамической вязкости вещества к его плотности  $\rho$ . Кинематическая вязкость измеряется в мм<sup>2</sup>/с.

$$\nu = \eta / \rho \quad (2.1)$$

В практической деятельности, 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. 2.1) 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  $\nu$ , мм<sup>2</sup>/с, рассчитывают по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau \quad (2.2)$$

где  $C$  - калибровочная постоянная вискозиметра, зависящая от длины и диаметра капилляра мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $\tau$  - время протекания (истечения) жидкости, с.



Зависимость между кинематической вязкостью и динамической выражается формулой

$$\eta = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-3} \quad (2.3)$$

где  $\eta$  - динамическая вязкость жидкости, МПа • с;  $\rho$  - плотность жидкости при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость, кг/м<sup>3</sup>.

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 мм<sup>2</sup>/с, а вискозиметры типа ВПЖ-4, ВПЖТ-4 -

для жидкостей с пределами вязкости 0,6-10000мм<sup>2</sup>/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 мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

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.

Внимание: - 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. 2.2). Выдерживают вискозиметр в термостате не менее 15 мин при температуре 20 ОС. 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. 2.1), 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 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.

Оборудование: капиллярный вискозиметр (набор вискозиметров); термостойкий стакан вместимостью 2000мл (прибор для определения кинематической вязкости); резиновая трубка с грушей; секундомер; стакан емкостью 50-100мл; дистиллированная вода; термометр с ценой деления шкалы 0,1ОС.

### Порядок выполнения работы:

При использовании набора вискозиметров, 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 |

1. В стакан емкостью 50-100 мл налить 30-40 мл испытуемого образца, не содержащего воды и механических примесей.

2. Надев на отвод вискозиметра резиновую трубку длиной 15-20 см, перевернуть вискозиметр на 180° и погрузить его узкое колено в сосуд с испытуемым топливом.

3. Зажать большим пальцем правой руки широкое колено и засосать дизельное топливо с помощью груши так, чтобы оно заполнило без пузырьков и разрывов всю внутреннюю полость от конца колена до метки В (рис. 2.2). В тот момент, когда уровень топлива (при засасывании) достигнет метки В, повернуть вискозиметр в нормальное положение, освободить от зажатия пальцем широкое колено, протереть узкое колено 2 (рис. 2.1) от топлива.

4. Надеть на узкое колено резиновую трубку, погрузить вискозиметр (при этом верхняя метка должна быть ниже уровня воды) в воду, налитую в стакан емкостью 2000 мл и закрепить его в зажиме штатива, обратив внимание на то, чтобы вискозиметр принял строго вертикальное положение.

5. Установить и поддерживать в термостате необходимую для испытания температуру  $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . При нагреве жидкости в термостате до заданной температуры необходимо избегать перегрева ее, что достигается медленным нагреванием стакана, начиная с того момента, когда температура на  $3-5^\circ\text{C}$  ниже заданной. Температуру термостата во время работы поддерживать постоянной. Допускается отклонение не более  $0,1^\circ\text{C}$ .

6. Выдержать вискозиметр с дизельным топливом в термостате при температуре испытания  $20^\circ\text{C}$  в течение 15-20 мин.

7. Сжатием груши перегнать топливо в узкое колено несколько выше кольцевой метки между расширениями (немного выше метки А), следя за тем, чтобы в капилляре и расширении не образовалось пузырьков воздуха и разрывов жидкости. При этом вискозиметр находится в термостате, а широкое колено его закрывается пальцем. Отнять палец от широкого колена и вести наблюдение за перетеканием топлива в расширении, когда уровень топлива достигнет верхней метки А (см. рис. 2.1), включить секундомер и выключить его, когда уровень топлива минует нижнюю метку Б. Записав время истечения, отмеченное секундомером с точностью до 0,2 с, повторить опыт не менее трех-пяти раз (отличия в результатах не должны превышать 0,5%).

8. Вычислить кинематическую вязкость испытуемого дизельного топлива при температуре испытания по формуле (2.2). Постоянную вискозиметра, взять из паспорта на вискозиметр. Значение  $\tau$  берется как среднее арифметическое из трех измерений времени

истечения испытуемого топлива. Результаты вычисления выразить в сСт (мм<sup>2</sup>/с) и округлить три значащие цифры.

## 7. Информационное обеспечение обучения

### Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

#### Основные источники:

1. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. Материаловедение: учебник. – М.: Издательство Академия, 2016– Серия: Среднее профессиональное образование

#### Интернет-ресурсы:

- 1.Электронный ресурс «Измерительный инструмент» - Режим доступа: <http://www.chelzavod.ru/>
- 2.Электронный ресурс «Мега Слесарь» - Режим доступа: <http://www.megaslesar.ru/>
- 3.Электронный ресурс «Понятия о допусках и посадках основные термины» - Режим доступа: <http://cxt.telesort.ru/vdovichenkovaucheb/Dopuski.htm>
- 4.Электронный ресурс «Материаловедение» - Режим доступа: <http://www.materialcince.ru>