

**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 автотранспортных средств**

**Квалификация:** специалист

**Форма обучения** - очная

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

на базе основного общего образования

Иркутск, 2026 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 автотранспортных средств**
- 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 29.05.2026 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 автотранспортных средств».

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 ПК, ОК	Умения	Знания
ПК 1.1-ПК 1.3 ПК 3.2-ПК 3.3 ПК 4.1-ПК 4.3 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. 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.

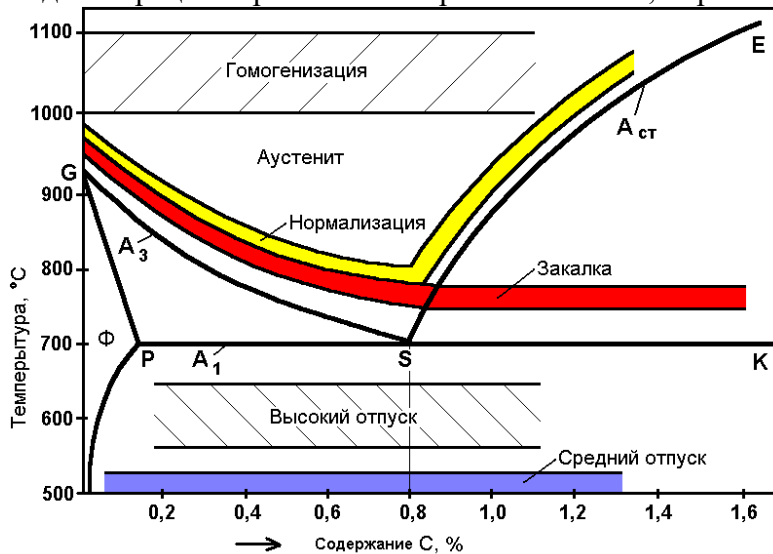


Рис.2. Диапазон оптимальных температур нагрева при различных видах термической обработки

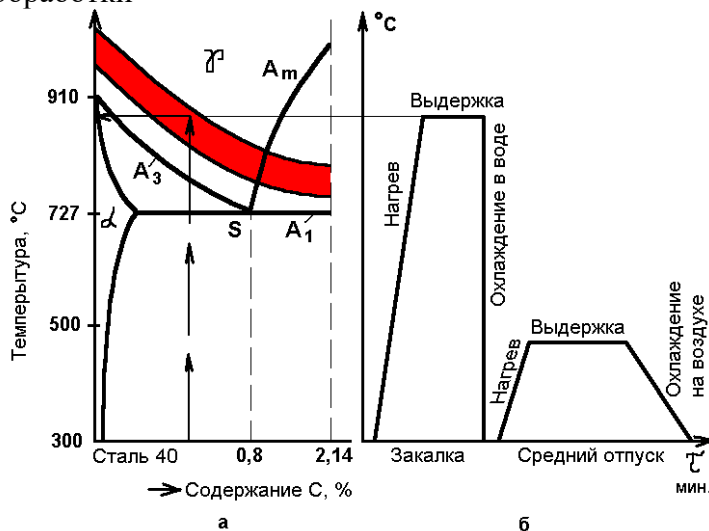


Рис. 3. Выбор оптимальной температуры закалки стали (а) и отпуска (б)

## 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  $A_1$  (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  $A_1$  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  $\square V_{кр}$ .

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 (А + Ф), (А+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  $A_1$ ), 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  $Fe_2C$ . Выделение углерода из решетки приводит к уменьшению степени тетрагональности. 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

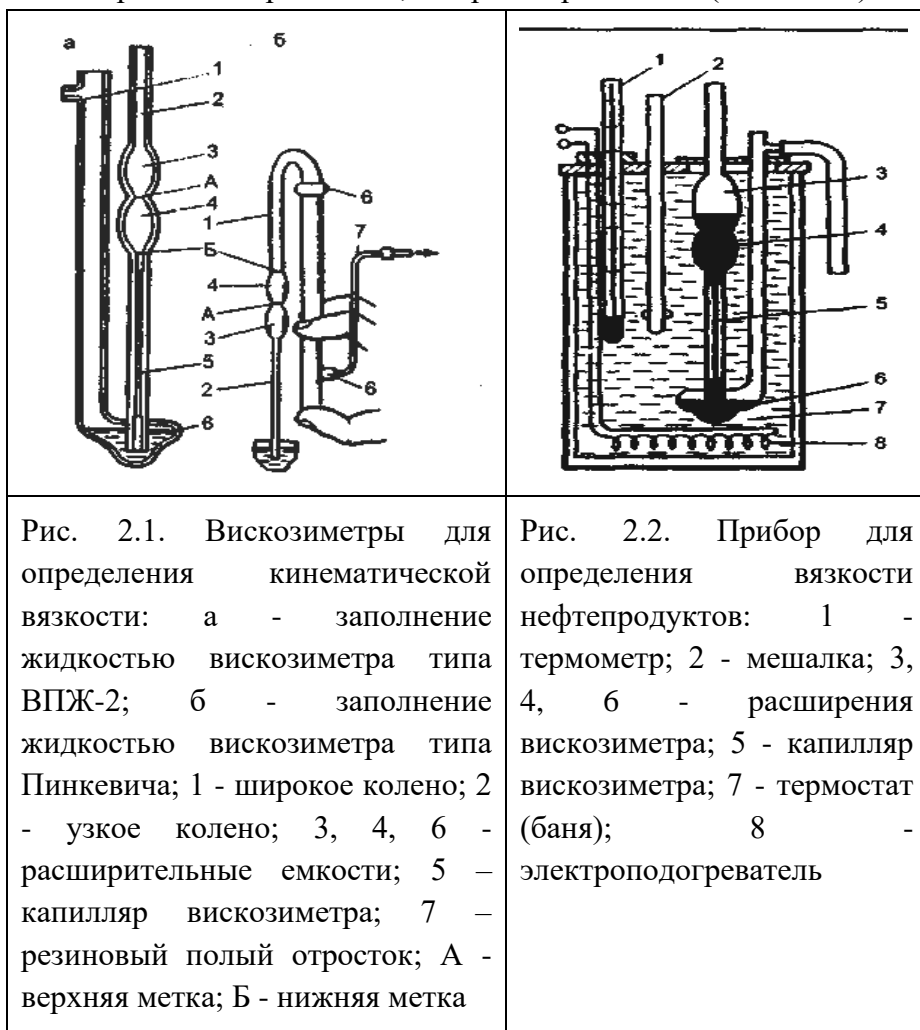
Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев. Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости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