

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТУЛАЧЕРМЕТ»
ОТДЕЛ ОБУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА



УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
АО «Тулачермет»

Д.В. Федоренко

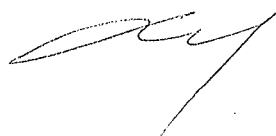
«25.» февраля 2026 г.

**ПРОГРАММА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ (ПЕРЕПОДГОТОВКИ) И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ РАБОЧИХ**

Профессия	Лаборант-металлограф
Квалификация	2 – 5 разряд
Код профессии	13263

Учебно-тематические планы
и программы разработал:

Старший преподаватель ООиРП



С.О. Родионова

СОГЛАСОВАНО:

Начальник ООиРП



Н.Н. Антонова

г. Тула 2026г.

1. Пояснительная записка. Общие положения

1.1 Настоящая программа профессиональной подготовки (переподготовки) и повышения квалификации рабочих (далее по тексту - Программа) разработана в соответствии с:

- Федеральным законом Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ;
- Письмом Минобрнауки России от 30.03.2015 № АК-821/06 «О направлении методических рекомендаций по итоговой аттестации слушателей»;
- Федеральным законом № 116-ФЗ от 21.07.1997 (ред. от 14.11.2023) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями);
- Постановлением Правительства РФ от 24.12.2021 N 2464 "О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда" (вместе с "Правилами обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда");
- Федеральным законом от 10.01.2002 N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024);
- Приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 14 июля 2023 года № 534 «Об утверждении Перечня профессий рабочих, должностей служащих, по которым осуществляется профессиональное обучение»;
- Требованиями Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих (ЕТКС);
- Профессиональным стандартом: Лаборант по физико-механическим испытаниям металлических и полимерных материалов и сварных соединений;
- Общероссийским классификатором профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов;
- Рекомендациями к разработке учебных планов и программ для краткосрочной подготовки граждан по рабочим профессиям (Основные требования);
- Методическими рекомендациями по разработке учебных планов, программ и экзаменационных билетов для подготовки и повышения квалификации рабочих на производстве;

и предназначена для получения профессии рабочего впервые, получение новой профессии рабочего с учетом потребностей производства, вида профессиональной деятельности и последовательного совершенствования профессиональных знаний, умений и навыков по имеющейся профессии рабочего.

1.2 Целью данной Программы является получение обучающимся знаний, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности.

1.3 Продолжительность освоения настоящей программы при профессиональной подготовке (или переподготовке) составляет 320 часов, продолжительность освоения программы при повышении квалификации составляет 160 часов.

1.4 При профессиональной переподготовке и повышении квалификации, а также при наличии у обучаемого высшего профессионального образования, сроки обучения могут быть сокращены с учетом специфики производства, требований, предъявляемых к обучающимся по данной профессии и опыта работы по родственной профессии. Сокращение материала осуществляется за счет общепрофессиональных предметов программы, изученных до профессиональной переподготовки (повышения квалификации).

1.5 К освоению настоящей Программы допускаются работники, прошедшие профессиональное обучение по программам профессиональной подготовки по профессиям рабочих, программам переподготовки рабочих, программам повышения квалификации рабочих, а также лица со средним общим образованием.

1.6 В Программе представлено описание планируемых результатов освоения профессиональных компетенций в рамках приобретаемой квалификации.

1.7 Программа содержит учебный план, учебную программу учебных предметов, планируемые результаты освоения Программы, условия реализации Программы, систему оценки результатов освоения Программы.

1.8 Учебный план содержит перечень учебных предметов с указанием времени, отводимого на освоение учебных предметов, включая время, отводимое на теоретические и практические занятия.

1.9 Учебная программа учебных предметов описывает последовательность изучения дисциплин, а также распределение учебных часов по ним.

1.10 Настоящая Программа содержит перечень знаний и умений, обучающихся в результате освоения Программы.

1.11 Условия реализации Программы содержат организационно-педагогические, кадровые, информационно-методические требования, обеспечивающие ее выполнение.

1.12 Программа предусматривает практические занятия, необходимые для формирования компетенций, закрепления и развития профессиональных навыков.

2. Планируемые результаты освоения Программы

Профессия – лаборант-металлограф.

Квалификация - 2-й разряд.

Лаборант-металлограф *должен уметь:*

- выполнять металлографический анализ спецсплавов, углеродистых сталей, чугунов и сплавов на алюминиевой, магниевой и медной основах;
- подготавливать образцы спецсплава к металлографическим испытаниям;
- травить образцы в щелочных и кислотных растворах;
- определять основные структурные составляющие сплавов и дефекты по эталонам;
- проверять твердость контрольных термообработанных образцов на приборах Бринелля, Роквелла и Виккерса;
- определять глубину обезуглероженного слоя и размеры зерна;
- определять альфа-фазу в сталях аустенитного и аустенито-ферритного классов методом магнитной металлографии;
- предупреждать и устранять мелкие неполадки в работе приборов;
- экономно расходовать материалы и электроэнергию;
- рационально организовывать рабочее место;
- соблюдать правила безопасности труда, производственной санитарии, пожарной безопасности и внутреннего распорядка.

Лаборант-металлограф *должен знать:*

- способы приготовления макро- и микрошлифов;
- переводные таблицы твердости;
- устройство настольных металлографических микроскопов и правила их обслуживания;
- устройство приборов Бринелля, Роквелла и Виккерса для определения твердости;
- правила работы на лабораторных электропечах и ваннах;
- основные реактивы, применяемые для травления макро-и микрошлифов;
- элементарные основы металлографии;
- диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов;
- устройство аналитических весов, правила работы на них и их обслуживание;
- виды и причины дефектов при проведении металлографического анализа, меры их предупреждения и устранения;

- рациональную организацию труда на своем рабочем месте; при бригадной форме организации труда, также организацию труда своей бригады;
- систему оплаты труда лаборантов-металлографов;
- технологический процесс выполняемой работы; правила технической эксплуатации и обслуживания оборудования, технологической оснастки и инструмента;
- правила экономного расходования и использования материалов и электроэнергии;
- требования к качеству выполняемых работ;
- правила безопасности труда, производственной санитария, пожарной безопасности и внутреннего распорядка;
- основы экономики и организации производства.

Квалификация - 3-й разряд.

Лаборант-металлограф *должен уметь:*

- проводить металлографический структурный и количественный анализ макро- и микроструктуры легированных сталей, проб черных и цветных металлов;
- приготавливать микро- и макрошлифы и маркировать их;
- устанавливать степень загрязненности металла неметаллическими включениями;
- определять дефекты стали по макро- и микроструктуре и излому согласно эталонам, установленным техническими условиями и стандартами;
- определять глубину газонасыщенного слоя в сплавах;
- определять температуру оптическим пирометром во время плавки, прокатки,ковки и штамповки;
- проводить испытания на склонность к межкристаллитной коррозии;
- определять характер и размеры дефектов при травлении подготовленных мест непосредственно на изделиях;
- настраивать микроскопы для исследования макро- и микроструктуры;
- выполнять термическую обработку образцов и деталей в печах и ваннах; определять прочностные характеристики;
- рационально использовать рабочее место;
- выявлять и устранять возникающие неполадки текущего характера при производстве работ;
- экономить все виды энергии, сырья и материалов;

- соблюдать требования безопасности труда, производственной санитарии, противопожарные мероприятия.

Лаборант-металлограф *должен знать:*

- марки сталей и их химический состав;
- методику металлографических анализов различных металлов и сплавов и технологию их проведения;
- ГОСТы на используемые металлы;
- устройство металлографических микроскопов, оптических пирометров, фотоаппаратов, биноклярных луп, контрольно-измерительных приборов, правила их настройки и обслуживания;
- принцип работы гальванометра и термопары, вольтметра и амперметра;
- характеристики типичных микро- и макроструктур легированных сталей; способы определения величины зерна;
- основные виды термической обработки;
- прочностные характеристики сталей по результатам механических испытаний;
- взаимосвязь между термообработкой и структурой металла;
- разновидности дефектов стали, литья, поковок, штамповок, проката;
- технологический процесс выполняемой работы; правила технической эксплуатации и ухода за обслуживаемым оборудованием, технологической оснасткой, инструментом;
- нормы расхода энергетических, сырьевых и материальных ресурсов на выполняемые работы;
- требования к качеству выполняемых работ, в том числе и по смежным операциям или процессам;
- виды дефектов, их причины, способы предупреждения и устранения;
- пути повышения эффективности производства;
- назначение и порядок установления тарифных ставок, норм и расценок;
- основные положения и формы подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих на производстве;
- опыт работы новаторов производства.

Квалификация - 4-й разряд.

Лаборант-металлограф *должен уметь:*

- проводить металлографический структурный и количественный анализы высоколегированных и специальных сталей и цветных сплавов;

- составлять режимы термической и химико-термической обработки металлов и сплавов на основании экспериментальных работ;
- проводить анализ причин дефектов по термической и химико-термической обработке металлов и сплавов;
- определять причины поломки металлических конструкций и составлять по ним заключения;
- определять лабораторными методами прокаливаемость стали и склонность ее к отпускной хрупкости;
- систематизировать и обрабатывать результаты исследований; рационально использовать рабочее место;
- проводить контрольные арбитражные анализы.

Лаборант-металлограф *должен знать:*

- основы металлографии;
- физико-химические свойства металлов;
- принцип действия применяемых теплоизмерительных приборов;
- порядок изготовления макро- и микрошлифов и реактивов для травления;
- основы термической обработки стали, чугуна, а также цветных металлов и сплавов, используемых на предприятии;
- технологические процессы термической и химико-термической обработки указанных материалов;
- основные свойства сталей, цветных металлов и сплавов;
- определение величины зерна, зон цементации, азотирования и пр.; методы поверхностной закалки, их особенности и область применения.

Квалификация - 5-й разряд.

Лаборант-металлограф *должен уметь:*

- выполнять металлографический анализ спецсплавов и тугоплавких металлов;
- составлять заключения и рекомендации по результатам металлографических исследований;
- определять вторичные фазы в жаропрочных сплавах методом вакуумного окрашивания;
- определять кинетику роста аустенитного зерна;
- определять точки мартенситного превращения;
- проводить испытание образцов при высоких температурах в вакууме при растяжении;

- соблюдать правила безопасности труда, производственной санитарии, пожарной безопасности и внутреннего распорядка.

Лаборант-металлограф *должен знать*:

- основы физики металлов;
- устройство высокотемпературных вакуумных установок типа ИМАШ-5 и высокотемпературной камеры «Вакуумтерм»;
- последовательность подготовки вакуумных установок к испытаниям; методику разметки образца для определения микротвердости;
- устройство и настройку высокотемпературного микроскопа МВТ и МОП;
- правила пользования вакуумметром, потенциометром, микрофотонасадками и кинокамерами;
- формы и системы заработной платы, условия оплаты труда при одновременном обслуживании нескольких агрегатов и совмещении профессий;
- опыт работы новаторов производства и передовых коллективов, использующих достижения науки и техники.

3. Условия реализации Программы

3.1. Условия реализации настоящей Программы должны обеспечивать реализацию Программы в полном объеме, соответствие качества подготовки обучающихся установленным требованиям, соответствие применяемых форм, средств, методов обучения возрастным особенностям, их способностям, интересам и потребностям.

3.2. Для преподавания по настоящей Программе необходимо высшее или среднее профессиональное образование.

3.3. При формировании состава преподавателей допускается привлечение высококвалифицированных сотрудников цехов предприятия, преподавателей и сотрудников иных учебных заведений, руководителей, специалистов и иных лиц, в соответствии с законодательством РФ.

3.4. Производственное обучение (практические занятия) осуществляется непосредственно на рабочем месте под руководством высококвалифицированного рабочего.

3.5. Информационно-методические требования реализации настоящей Программы включают учебный план, учебную программу, методические материалы и разработки.

3.6. Форма обучения очная. Допускается освоение настоящей Программы с использованием дистанционных обучающих технологий.

4. Система оценки результатов освоения Программы

4.1. Текущий контроль знаний, обучающихся по Программе проводится на протяжении всего обучения по Программе преподавателем (инструктором). Текущий контроль знаний состоит из наблюдения преподавателя (инструктора) за учебной работой обучающихся и проверки качества знаний, умений и навыков, которыми они овладели на определенном этапе обучения посредством выполнения упражнений на практических занятиях и в иных формах, установленных преподавателем (инструктором).

4.2. Освоение настоящей Программы завершается итоговой аттестацией обучающихся лиц в форме, установленной в АО «Тулачермет». Итоговая аттестация (квалификационный экзамен) – процедура, которая проводится с целью установления уровня знаний обучающихся.

4.3. Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, предоставляется один месяц для дополнительной подготовки, после чего обучающийся допускается к повторной сдаче квалификационного экзамена. Разрешается досрочная сдача экзамена, но не ранее чем через две недели после экзамена.

При повторном получении обучающимся неудовлетворительной итоговой оценки по теоретическому или производственному обучению председатель Экзаменационной комиссии принимает решение о возможности пересдачи квалификационного экзамена, либо переводе его на менее квалифицированную работу.

4.4. Лицам, успешно освоившим настоящую Программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается свидетельство о присвоении квалификации по форме, установленной в АО «Тулачермет».

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

для профессиональной подготовки и повышения квалификации рабочих по профессии «Лаборант-металлограф» 2-5 разряда

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов	
		Профессиональная подготовка	Повышение квалификации
I.	ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ КУРС	40	0
II.	СПЕЦИАЛЬНЫЙ КУРС	32	16
III.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	244	140
IV.	КВАЛИФИКАЦИОННЫЙ ЭКЗАМЕН	4	4
	ИТОГО:	320	160

I. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И ПРОГРАММА ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОГО КУРСА

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
		Профессиональная подготовка
I.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	40
1	Общетехнический курс	
1.1	Охрана труда	8
1.2	Промышленная безопасность	6
1.3	Пожарная безопасность	4
1.4	Материаловедение	8
1.5	Черчение. Чтение чертежей	4
1.6	Электротехника	6
1.7	Система менеджмента качества	2
1.8	Охрана окружающей среды	2

1.1 Охрана труда

Понятие охраны труда. Ответственность за нарушение законодательства о труде и законодательства об охране труда. Опасные и вредные производственные факторы на производстве. Виды и задачи инструктажей, сроки их проведения. Снижение травматизма на производстве. Электробезопасность. Понятие работ повышенной опасности. Перечень работ повышенной опасности. Понятие и назначение средств индивидуальной и коллективной защиты. Производственная санитария и гигиена труда.

1.2 Промышленная безопасность

Задачи промышленной безопасности и ее значение в деятельности предприятий. Категории опасных производственных объектов. Федеральный надзор и ответственность за нарушение законодательства в области промышленной безопасности. Бирочная система, ее сущность и назначение. Авария. Инцидент. Требования промышленной безопасности по готовности к действиям, направленным на локализацию и ликвидацию последствий аварии на опасном производственном объекте. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

1.3 Пожарная безопасность

Государственное регулирование в области пожарной безопасности. Классификация пожаров. Причины возникновения пожаров. Сущность процессов горения; самовозгорание, источники воспламенения; условия, необходимые для прекращения горения. Установки и аппараты для пожаротушения, противопожарное водоснабжение; установки водяного, пенного, газового и порошкового пожаротушения. Системы и устройства пожарной

сигнализации. Пути и порядок эвакуации, план эвакуации. Пожарная профилактика на производстве и в технологических процессах. Действие персонала при пожаре. Порядок сообщения о пожаре. Порядок использования при пожаре противопожарного оборудования и инвентаря. Приемы тушения пожара до прибытия пожарных подразделений. Действия персонала после прибытия пожарных подразделений.

1.4 Материаловедение

Определение и классификация металлов. Строение металлов. Группы свойств металлов.

Понятие и общая характеристика сплавов. Характеристика и виды сплавов.

Чугуны. Классификация чугунов.

Стали. Классификация сталей.

Термическая обработка. Основы термической обработки металлов и сплавов.

Цветные металлы и сплавы. Общие сведения о цветных металлах и сплавах.

Твердые сплавы и минералокерамические материалы. Краткие сведения о металлических порошках. Классификация твердых сплавов и минералокерамических материалов.

Неметаллические материалы. Классификация неметаллических материалов.

Абразивные материалы. Классификация абразивного материала.

Пленкообразующие материалы. Композиты.

Горюче-смазочные материалы.

Развитие материаловедения.

1.5 Черчение. Чтение чертежей

Чтение чертежей. Чертежи и эскизы деталей. Значение чертежей для техники. Рабочий чертеж, детали и его назначение. Сборочный чертеж и его назначение. Расположение проекций на чертеже. Масштабы. Линии чертежа. Нанесение размеров. Обозначения и надписи на чертежах. Оформление чертежей. Последовательность в чтении чертежей. Сечения, разрезы линии обрыва и их обозначения. Штриховка в разрезах и сечениях. Понятие об эскизе и отличие его от рабочего чертежа. Обмер деталей. Спецификация. Нанесение размеров. Резьбы на сборочных чертежах.

1.6 Электротехника

Основы электростатики. Электрические цепи постоянного тока. Электромагнетизм и электромагнитная индукция. Электрические цепи переменного тока. Электрические измерения и электроизмерительные приборы. Трансформаторы. Электрические машины. Производство, распределение и потребление электрической энергии.

1.7 Система менеджмента качества

Политика и цели АО «Тулачермет» в области качества. Руководство по качеству АО «Тулачермет». Качество продукции и управление качеством. Необходимость системы менеджмента качества. Комплекс стандартов ИСО. Требования ИСО. Виды нормативных документов.

1.8 Охрана окружающей среды

Федеральный закон «Об охране окружающей среды». Система экологического менеджмента АО «Тулачермет». Административная и юридическая ответственность руководителей производства и граждан за нарушения в области охраны окружающей среды. Загрязнения атмосферы, вод, земель и его прогноз. Отходы производства. Очистные сооружения. Безотходные технологии. Озеленение промышленной зоны предприятия.

II. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И ПРОГРАММА СПЕЦИАЛЬНОГО КУРСА

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов	
		Профессиональная подготовка	Повышение квалификации
II.	СПЕЦИАЛЬНЫЙ КУРС	32	16
2.1	Основные сведения о цехе и его структуре. Рабочее место, его организация и техническое оснащение. Правила содержания и ухода за рабочим местом.	2	0
2.2	Использование средств индивидуальной защиты	2	0
2.3	Оборудование металлографической лаборатории. Способы приготовления макро- и микрошлифов и их металлографический анализ	4	2
2.4	Методы определения твердости. Технология проведения металлографического анализа сталей и сплавов. Стандартизация, сертификация и качество продукции	6	4
2.5	Методы анализа макроструктуры сталей и сплавов. Методы анализа микроструктуры сталей и сплавов	6	4
2.6	Кинематика роста аустенитного зерна. Металлографический анализ спецсплавов и тугоплавких металлов	8	4
2.7	Неразрушающие методы контроля металлов	4	2

2.1 Основные сведения о цехе, его структуре. Рабочее место, его организация и техническое оснащение. Правила содержания и ухода за рабочим местом

Ознакомление с структурой и работой цеха. Его устройстве, задачах, организации рабочего процесса. Ознакомление с персоналом. Ознакомление с правилами внутреннего трудового распорядка. Ознакомление с основными средствами выполнения работ.

Ознакомление с рабочим местом и его оснащением. Наличием технической документации. Ознакомление с общими требованиями к организации безопасного рабочего места. С порядком получения и сдачи инструмента, приспособлений и измерительных приборов. Правила ухода за рабочим местом и оснащением. Прием-сдача смены и рабочего места. Ознакомление с документальной базой связанных с приемом-сдачей рабочего места и смены.

2.2 Использование средств индивидуальной защиты

Виды средств индивидуальной защиты. Правила обращения с средствами индивидуальной защиты, сроки их выдачи. Требования к средствам индивидуальной защиты, ответственность за несоблюдение требований использования. Коллективная защита.

2.3 Оборудование металлографической лаборатории.

Способы приготовления макро- и микрошлифов и их металлографический анализ.

Оборудование, приспособления и инструменты для вырезки образцов.

Оборудование для подготовки образцов к макро- и микроисследованиям; его назначение, устройство и правила эксплуатации: маятниковый копер для разрушения образцов; шлифовальные и полировальные станки, их конструкция; водяная баня; вытяжной шкаф; нагревательные электрические печи; электролитические ванны для электрохимического полирования; ванны для травления.

Приспособления для монтирования образцов малого размера: оправки, зажимы, пластины, резиновый валик, деревянные бруски. Инструменты: напильники, ножовочные станки, пресс-формы для запрессовки шлифа в пластмассу, бакелит; термометры, щипцы, часы с секундомером и др.

Металлографический микроскоп, позволяющий рассматривать при увеличении непрозрачные тела в отраженном свете, его отличие от медицинского микроскопа. Основные системы микроскопа: оптическая, осветительная с фотографической аппаратурой, механическая.

Типы металлографических микроскопов. Вертикальные, горизонтальные микроскопы. Вертикальные микроскопы: ММР-4, МИМ-7, AXIOVERT; их увеличения, особенности оптической, осветительной и механической систем.

Горизонтальный микроскоп МИМ-8, его устройство, особенности конструкции оптической, осветительной и механической систем.

Устройство оборудования для определения твердости по методу Роквелла, Бринелля и Виккерса, их конструкция и правила эксплуатации.

Аналитические весы, их устройство. Правила работы на аналитических весах. Разновес для взвешивания на аналитических весах и правила обращения с ним. Паспорт на аналитические весы и документация, выдаваемая на определенный срок Госповерителем.

Другое лабораторное оборудование, приборы и приспособления, их характеристика и условия работы с ними.

Правила обслуживания оборудования металлографической лаборатории.

Способы приготовления макрошлифов. Место и способ вырезки образцов для макроисследования; особенности вырезки образцов из отливок, поковок, штамповок, проката, сварных и термически обработанных деталей.

Зависимость места и способа вырезки образца от цели исследований (первичная кристаллизация, дефекты, нарушающие сплошность металла, неоднородность структуры и др.).

Способы получения плоской поверхности образца. Виды предварительной обработки (фрезерование, строгание или шлифование на плоскошлифовальном станке).

Выбор шлифовальной бумаги для шлифования образца. Технология обработки шлифованием. Реактивы для травления образцов. Порядок приготовления реактивов. Реактивы, применяемые для травления и выявления ликвации серы и фосфора, дефектов, нарушающих сплошность металла, строения литой стали, волокнистости и других дефектов при макроисследовании. Способы травления и выявления микроструктуры.

Способы приготовления микрошлифов. Порядок приготовления микрошлифов, значение места и способа вырезки образца для характеристики строения всего исследуемого металла.

Особенности выбора поверхности для приготовления микрошлифов в зависимости от исследуемой структуры.

2.4 Методы определения твердости.

Технология проведения металлографического анализа сталей и сплавов.

Стандартизация, сертификация и качество продукции.

Основные методы механических испытаний металлов и сплавов. Испытания на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения; характерные участки и точки диаграммы. Свойства металлов, определяемые при испытании на растяжение: пределы пропорциональности, упругости, текучести, прочности, относительное удлинение (сужение), модуль упругости.

Оборудование и приспособления для испытаний на растяжение.

Твердость и методы ее испытания: вдавливанием стального шарика (твердость по Бринеллю); вдавливанием алмазного конуса (твердость по Роквеллу); вдавливанием алмазной пирамиды (твердость по Виккерсу). Устройство и работа приборов для определения твердости. Правила подготовки образцов для испытания. Правила выбора индентора и нагрузки. Правила проведения испытаний и определения твердости. Переводные таблицы твердости.

Методика определения ударной вязкости. Оборудование для определения ударной вязкости металлов и сплавов.

Методика металлографических исследований различных металлов и сплавов. Марки сталей и их химический состав. ГОСТы на испытываемые металлы.

Сущность и назначение термической обработки металлов и сплавов.

Превращения, протекающие в стали в твердом состоянии при нагреве и охлаждении. График термической обработки сталей. Образование и распад аустенита. Влияние скорости охлаждения на характер превращений и структуру стали.

Виды термической обработки, сущность и назначение каждого вида. Понятие о режиме термической обработки. Значение правильного выбора режима для качественного проведения термической обработки изделий и обеспечения нужных свойств.

Отжиг и нормализация. Виды отжига: полный, неполный, изотермический, диффузионный (гомогенизация), рекристаллизационный, отжиг на зернистый перлит (сфероидизация). Сущность и назначение каждого вида отжига". Изменение структуры и свойств сплавов при разных видах отжига.

Влияние нормализации на свойства стали. Изменение структуры стали при нормализации.

Закалка. Изменение структуры стали при закалке. Процесс образования мартенсита. Изменение свойств стали при закалке. Основные факторы, определяющие результаты закалки: химический состав стали, скорость и температура нагрева, время выдержки, скорость охлаждения. Защита от окисления и обезуглероживания при нагреве.

Методы поверхностной закалки: с нагревом в пламени, в электролите, при электронагреве контактным методом и индукционным нагреве. Преимущества упрочнения изделий путем поверхностной закалки.

Отпуск и старение. Изменение структуры и свойств стали в процессе отпуска. Низкий, средний и высокий отпуск, их характеристика и применение. Зависимость свойств и структуры стали от температуры отпуска.

Сущность процесса старения. Изменение структуры и механических свойств сплава при старении. Старение малоуглеродистой стали. Примеры применения старения.

Обработка стали холодом. Сущность и назначение процесса. Стали и изделия, подвергается обработке холодом. Изменение структуры и свойств стали при обработке холодом.

Дефекты, возникавшие при термической обработке, причины их возникновения и способы предотвращения.

Основные сведения о термической обработке чугуна и термической обработке цветных металлов и сплавов.

Основные виды химико-термической обработки стали (цементация, азотирование, цианирование, диффузионная металлизация); их краткая характеристика, назначение и область применения.

Характеристики типичных макро- и микроструктур легированных сталей.

Способы определения величины зерна. Подготовка образцов к исследованию макроструктуры: получение излома, определение в изломе усадочных раковин, газовых пузырей и пор в литых деталях, трещин и волосовин, пережогов и др.

Травление макрошлифов водным раствором азотной, серной и соляной кислоты. Травление реактивом Гейна.

Выявление крупной пористости, качества и типа сварки.

Выявление ликвации серы по методу Баумана. Рассмотрение и анализ полученного отпечатка.

Выявление ликвации фосфора. Проведение анализа макроструктуры образца.

Фотографирование макроструктуры. Общая схема фотографического процесса. Негативы и позитивы, их получение. Негативные материалы, применяемые для металлографической съемки; их основные свойства. Классификация фотографических пластинок и их применение при съемке. Применение светофильтров. Определение выдержки при фотографировании.

Техника обработки негативов (проявление, фиксирование, промывка, сушка). Составы проявителей и закрепителей.

Фотобумага, ее классификация и свойства. Принципы выбора фотобумаги. Печатание снимков. Процесс обработки фотоснимков.

Правила фотографирования крупных объектов (макроструктуры). Устройство фотоаппарата. Установки для фотографирования макроструктуры мелких и средних объектов. Правила съемки. Специальные установки и фотокамеры для макросъемки на стенде.

Подготовка образцов к исследованию микроструктуры; получение плоской поверхности образца, шлифование, полирование и травление. Визуальное наблюдение микроструктуры.

Измерение микроскопических объемов при помощи окулярных и объективных микрометров.

Методы определения неметаллических включений в сплавах. Типы неметаллических включений в сталях, чугунах, цветных металлах и сплавах. Их краткая характеристика.

Методы определения количества неметаллических включений (оценка загрязненности стали путем сравнения с эталонными шкалами; измерение суммарной протяженности включений, наблюдаемых на продольных шлифах прокатанного металла; измерение суммарной площади включений с последующим определением объемного или весового содержания включений в металле). Характеристика каждого метода.

Фотографирование микроструктуры. Особенности подготовки микрошлифа для фотографирования. Правила установки его в столике микроскопа. Правила настройки микроскопа для фотосъемки. Процесс фотосъемки.

Краткие сведения о физических методах исследования металлов и сплавов. Основные методы определения физических свойств металлов и сплавов и их использование для изучения структуры и фазовых превращений.

Определение теплоемкости; принцип метода; применяемое оборудование.

Установка для определения теплопроводности металлических стержней, ее устройство и правила работы на ней.

Мосты и установки для определения электросопротивления, принцип их действия. Использование метода электросопротивления для исследования металлов.

Принцип метода определения коэффициента линейного расширения металлов. Дилатометры, их конструкция и работа. Использование метода для изучения фазовых превращений в сплавах.

Определение магнитных свойств металлов и сплавов (точки Кюри, магнитной проницаемости, магнитной индукции и т.д.).

Физические методы дефектоскопии: рентгеновская, магнитная, люминесцентная, цветная, ультразвуковая; сущность каждого метода, применяемая аппаратура.

Стандартизация, ее роль в повышении качества продукции. Задачи стандартизации. Категории стандартов и объекты стандартизации. Виды стандартов и их характеристика. Ответственность предприятия за выпуск продукции, не соответствующей стандартам и ТУ.

Международная организация по стандартизации - ИСО.

ИСО-9000 «Стандарты в области административного управления качеством и обеспечения качества», их назначение. Международный стандарт ИСО 9002-94 «Системы качества - модель для обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании» - гарант выхода продукции на международный рынок.

Сертификация. Сертификат качества. Цель сертификации.

Контроль качества продукции. Три ступени контроля.

Размеры и формы образцов. Способы монтирования образцов небольшого сечения в специальные оправки. Материалы для монтирования образцов, их химический состав и температура плавления.

Порядок получения плоских поверхностей образца: -выравнивание грани, предназначенной для микроанализа, получение плоской поверхности опиливанием или шлифованием. Особенности подготовки образцов из закаленной стали. Выбор шлифовальной бумаги и способы шлифования образца: ручной и механический. Методы очистки образца после шлифовки. Шлифовальные пасты и их применение при подготовке микрошлифов.

Назначение полирования. Получение поверхности ручным и механическим способами. Материалы, применяемые при полировании.

Способы приготовления полировальных составов, применяемые материалы. Методы очистки поверхности образца после полирования и предохранения ее от окисления. Эксикаторы.

Реактивы для травления микрошлифов железа, его сплавов, меди, ее сплавов и алюминиевых сплавов. Способы приготовления реактивов.

Дефекты при изготовлении макро- и микрошлифов, методы их предупреждения и исправления.

Методы выявления микроструктуры металлов и сплавов. Основные методы выявления микроструктуры: химическое травление; электролитическое травление; тепловое травление; травление в расплавленных солях; катодное травление; магнитная металлография; появление рельефа вследствие изменения объема при превращении. Краткая характеристика и применение каждого метода.

Химическое травление. Принцип метода. Выявление общей микроструктуры и избирательное травление. Химические реактивы универсальные и специального назначения.

Способы нанесения травящего реактива: погружение образца, втирание ватой, смачивание поверхности из капельницы или пипетки. Травление подогретыми реактивами. Время травления, его зависимость от увеличения, при котором просматривается микроструктура. Промывка и сушка образцов после травления.

Лабораторная посуда и приспособления, применяемые для травления микрошлифов.

Электролитическое травление. Сущность метода, его преимущества и недостатки. Схема установки для электролитического травления. Подготовка образцов и ванны. Регулирование рабочего режима (плотность тока, напряжение, расстояние между

электродами, состав электролита). Процесс электролитического травления. Составы электролитов и режимы электротравления для выявления микроструктуры разных сплавов.

Организация рабочего места для травления. Правила безопасности труда. Химические вещества, применяемые для составления травящих растворов. Основные реактивы для выявления структуры различных сплавов.

Метод магнитной металлографии. Сущность процесса. Условия применения метода магнитной металлографии; ферромагнитные частицы и суспензия. Техника выполнения метода.

Краткие сведения о других способах выявления микроструктуры. Примеры применения различных способов травления.

Макроструктурный анализ металлов и сплавов. Общая характеристика макроструктурного анализа. Правила отбора и методика подготовки образцов. Порядок выявления макроструктуры. Применяемые реактивы.

Примеры применения макроструктурного анализа при исследовании и контроле качества металлов (определение неоднородности распределения-ликвации серы, фосфора, углерода и др.; выявление пористости, строения литой стали, волокнистости, структуры сварных швов и др.).

Характеристика типичных макроструктур и методы их получения. Макроскопическое изучение изломов.

Микроструктурный анализ металлов и сплавов. Методы определения величины зерна визуально. Сравнение со стандартными шкалами.

Методы изучения микроструктуры и определения фазового состава сплавов. Структурные составляющие простых сплавов, определение структур различных металлов и сплавов.

Измерение микротвердости. Метод измерения микротвердости, его сущность и применение. Приборы, применяемые для определения микротвердости. Точность метода. Тарировка приборов. Эталонные образцы. Влияние различных факторов на результаты измерения микротвердости. Область применения метода микротвердости (изучение внутрикристаллической ликвации, определение твердости фаз и структурных составляющих, определение твердости поверхностного слоя и др.).

Микроскопическое исследование изломов (фрактография). Преимущества фрактографии перед методом обычного металлографического анализа при исследовании прочности и разрушения металлов.

Микроскопы, применяемые для металлографического исследования изломов (бинокулярный, стереоскопический, металлографический). Приспособления для

исследования изломов на металлографическом микроскопе. Примеры фрактографического исследования.

Применение методов металлографического анализа для различных испытаний и исследований. Определение глубины обезуглероженного слоя. Определение а-фазы в сталях методом магнитной металлографии. Характеристика каждого метода.

Методика определения прокаливаемости стали.

Оформление результатов металлографического анализа. Порядок регистрации образцов, поступающих на анализ.

Ведение журнала для учета проведенных анализов. Порядок оформления результатов металлографических исследований.

2.5. Методы анализа макроструктуры сталей и сплавов. Методы анализа микроструктуры сталей и сплавов.

Физико-химические свойства металлов, использование этих свойств в технике.

Приборы, применяемые для физико-химического анализа. Принцип действия теплоизмерительных приборов.

Способы изучения макроструктур: просмотр отшлифованной и протравленной поверхности изделия; просмотр макрошлифов, изучение излома образца.

Выявление макроструктуры, специальные реактивы.

Оценка макроструктуры по эталонам шкал стандартов.

Виды дефектов, оцениваемые по шкалам: центральная пористость, точечная ликвация, пятнистая ликвация, ликвационный квадрат и т.д., подкорковые пузыри, наслойная кристаллизация.

Макроскопическое изучение изломов: нафталинистый, камневидный. Определение глубины закаленного и цементированного слоя по излому.

Технологические процессы термической и химико-термической обработки стали, чугуна, цветных металлов и сплавов, используемых на предприятии.

Методы поверхностной закалки, их особенности и область применения.

Способы выявления и определения неметаллических включений: в нетравленном виде, последовательное травление; различные способы освещения; в темном поле, в поляризованном свете.

Оценка загрязненности стали неметаллическими включениями. Метод сравнения с эталонными шкалами. Линейный подсчет включений. Подсчет количества и объемного процента включений.

Выявление зерна в стали. Методы определения величины зерна.

Количественная оценка фазового состава сплава. Линейный метод Розивама. Точечный метод Глаголева. Исследование изломов методом фрактографии. Определение

глубины обезуглероженного слоя. Определение содержания альфа-фазы в аустенитной стали.

Определение прокаливаемости стали.

Определение склонности к межкристаллитной коррозии.

2.6. Кинематика роста аустенитного зерна. Металлографический анализ спечсплавов и тугоплавких металлов.

Понятие наследственного и действительного зерна стали.

Определение кинетики роста зерна.

Методы определения наследственного зерна стали.

Сущность процесса электронной микроскопии.

Электронный микроскоп, его устройство, принцип действия, оптическая схема.

Схема выявления структуры металла в отраженном световом потоке.

Методы подготовки образцов и изготовления объектов исследования (реплик).

Способы исследования объектов на электронных микроскопах просвечивающего, эмиссионного, растрового (сканирующего), отражательного, зеркального и теневого типов.

Условия применения электронных микроскопов. Способы фотографирования.

Аллюминий, сферы применения, подготовка образцов, микро- и макроструктура.

Нержавеющие и жаропрочные стали, марки, область применения, подготовка и травление образцов, микро- и макроструктура.

Твердый сплав. Марки, область применения, подготовка образцов, определение микроструктуры, виды брака.

Цинковые покрытия, методы получения, диаграмма состояния Fe-Zn, фазовый состав Fe-Zn покрытий.

2.7. Неразрушающие методы контроля металлов

Физические методы неразрушающего контроля.

Способ выявления внутренних дефектов металла методом рентгеновского просвечивания. Ультразвуковая дефектоскопия деталей. Магнитная дефектоскопия. Намагничивание используемого объекта. Нанесение индикаторной среды и регистрация дефектов. Размагничивание объекта.

Капиллярные методы неразрушающего контроля. Красочный метод. Люминесцентный метод.

Условия применения различных физических методов неразрушающего контроля.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов	
		Профессиональная подготовка	Повышение квалификации
III.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	244	140
3.1.	Инструктаж по безопасности труда и ознакомление с производством.	4	2
3.2.	Подготовка образцов из сталей и сплавов к металлографическим исследованиям	44	20
3.3.	Ознакомление с металлографическим методом исследования на микроскопах различных типов	30	16
3.4.	Проведение металлографического анализа	50	30
3.5.	Определение твердости	48	36
3.6.	Самостоятельное выполнение работ в качестве лаборанта-металлографа	68	36

3.1. Инструктаж по охране труда и ознакомление с производством

Требования безопасности труда. Типовая инструкция по безопасности труда. Инструктаж по общим правилам безопасности труда лаборанта-металлографа. Причины травматизма и виды травм. Индивидуальные средства защиты. Безопасные приемы работы. Ограждение опасных зон.

Пожарная безопасность. Причины пожаров в лабораториях.

Меры предупреждения пожаров. Правила пользования электронагревательными приборами, электроинструментом; отключение электросети; меры предосторожности при пользовании пожароопасными жидкостями и газами. Правила поведения при пожаре. Порядок вызова пожарной команды. Правила пользования первичными средствами пожаротушения. Устройство и применение огнетушителей и внутренних пожарных кранов.

Электробезопасность. Требования электробезопасности и их выполнение. Заземление оборудования. Электрозащитные средства и правила пользования ими.

Структура производства и организации труда на предприятии. Основные цехи предприятия, технологический процесс изготовления продукции, оборудование, продукция. Технические (вспомогательные) службы, их задачи, основные функции. Комплексная система управления качеством труда и продукции на предприятии.

Планирование труда и контроль качества работ на производственном участке, в бригаде, на рабочем месте.

Система управления охраной труда, организация службы безопасности труда на предприятии.

Инструктаж по охране труда и пожарной безопасности на предприятии. Применение средств техники безопасности и индивидуальной защиты.

Повышение опасности травматизма, снижение производительности труда и ухудшение качества продукции как негативное следствие потребления спиртных напитков в быту и на производстве. шкафа (с водяной баней).

Освоение приемов работы на оборудовании.

Ознакомление с термической и химико-термической обработкой изделий (образцов).

3.2. Подготовка образцов из сталей и сплавов к металлографическим исследованиям

Ознакомление с оборудованием для приготовления макро- и микрошлифов.

Инструктаж по безопасности труда и организации рабочего места.

Ознакомление с назначением и устройством основных узлов, а также правилами эксплуатации отрезных станков для вырезки образцов и копра для разрушения образцов.

Ознакомление с назначением, устройством и правилами эксплуатации шлифовальных и полировальных станков, а также нагревательных электрических печей, ванн для электролитического полирования, ванн для травления и вытяжного

Изготовление макро- и микрошлифов и подготовка их к металлографическому анализу. Организация рабочего места. Инструктаж по безопасности труда. Обучение изготовлению и травлению макрошлифов; отбор и подготовка образцов для анализа, шлифование на наждачном или карборундовом круге и дальнейшая последовательная обработка. Подготовка реактивов для травления, водных растворов азотной, серной и соляной кислот. Травление реактивом Гейна.

Ознакомление с требованиями по контролю макроструктуры в соответствии с действующими ГОСТами.

Обучение изготовлению и травлению микрошлифов: выбор места вырезки образцов, приготовление микрошлифов - шлифовка, полировка; хранение микрошлифов.

Выбор и подготовка реактивов для травления микрошлифов различных сталей и сплавов.

Обучение запрессовке образцов небольшого сечения или размеров в специальные оправки.

Освоение приемов получения плоской шлифованной поверхности. Приготовление полировальных составов. Обучение полировке микрошлифов.

Освоение приемов работы на устройствах для электролитического полирования, работы в вытяжном шкафу.

Оценка качества микрошлифов, полученных при механической и электролитической полировках.

Ознакомление с химическими веществами и лабораторной посудой для составления травящих растворов.

Освоение приемов взвешивания на аналитических весах. Установка нулевой точки весов. Взвешивание составляющих и приготовление травящих растворов.

Травление микрошлифов. Освоение различных способов нанесения реактивов. Промывка и сушка образцов. Определение катализа травления.

Ознакомление с процессом электролитического травления. Составление электролита.

Освоение методики электролитического травления.

3.3 Ознакомление с металлографическим методом исследования на микроскопах различных типов

Ознакомление с устройством и принципом работы бинокулярного и металлографических микроскопов ММР-4 (МИМ-7 и МИМ-8), AXIOVERT.

Инструктаж по безопасности труда и организации рабочего места при работе на микроскопах.

Подготовка и настройка бинокулярного микроскопа для наблюдения изломов и исследования макроструктуры.

Подготовка и настройка металлографического микроскопа. Подбор объектива и окуляра для получения нужного увеличения. Включение микроскопа в электросеть. Установка микрошлифа на предметный столик. Включение лампы.

Предварительная установка на фокус вращением винта грубой настройки. Фиксирование положения столика с образцом. Тонкая установка на фокус. Установка светофильтров. Регулировка освещения микрошлифа.

3.4 Проведение металлографического анализа

Макроструктурный анализ

Отбор и подготовка образцов к исследованию макроструктуры. Приготовление макрошлифов. Рассмотрение поверхности макрошлифов невооруженным глазом и с помощью лупы. Оценка величины зерна, степени однородности структуры. Выявление на макрошлифах волокнистой структуры, пустот, трещин, непровара в сварных швах. Выявление ликвации серы, фосфора и углерода.

Зарисовка и тушевка макроструктуры. Макроскопическое изучение изломов.

Микроструктурный анализ

Инструктаж по безопасности труда и организации рабочего места при проведении микроструктурного анализа.

Определение величины зерна. Определение величины зерна визуально по стандартным шкалам.

Изучение микроструктуры и определение Фазового состава сплавов.

Выявление и просмотр микроструктуры различных сплавов. Обучение определению структурных составляющих простых сплавов.

Определение микротвердости. Ознакомление с устройством и работой прибора для измерения микротвердости. Обучение работе на приборе. Проведение различных работ, связанных с определением микротвердости (определение твердости фаз и структурных составляющих, определение твердости поверхностного слоя, изучение внутрикристаллической ликвации, определение глубины обезуглероженного слоя).

Микроскопическое исследование изломов. Просмотр изломов под бинокулярным микроскопом. Определение интеркристаллического и транскристаллического характера разрушения.

Применение методов металлографии для различных испытаний и исследований. Ознакомление с методом магнитной металлографии. Определение наличия α -фазы в сталях.

3.5 Определение твердости

Ознакомление с приборами для определения твердости и освоение приемов работы на них. Инструктаж по безопасности труда и организации рабочего места.

Ознакомление с прибором ТБ для измерения твердости по методу Бринелля, с основным его узлами и деталями, их назначением.

Изучение приемов работы на приборе: установка грузов, образца, включение прибора, нагружение образца, снятие нагрузки и образца, выключение прибора. Измерение отпечатка с помощью микроскопа.

Ознакомление с приборами ТР для измерения твердости по методу Роквелла, с его основными узлами и механизмами, их назначением.

Изучение приемов работы на приборе: выбор и закрепление наконечника (алмазного конуса или стального шарика), установка образца, установка индикатора на «О», нагружение образца сначала предварительной, а затем основной нагрузкой, снятие основной нагрузки, определение числа твердости по показанию стрелки на шкалах индикатора. Снятие образца.

Ознакомление с прибором ТВ для измерения твердости по методу Виккерса, с его основными узлами и механизмами, их устройством и назначением.

Освоение приемов работы на приборе: выбор и установка грузов, установка образца, включение прибора, нагружение образца, снятие нагрузки, настройка микроскопа, измерение диагоналей отпечатка, снятие образца.

Техническое обслуживание приборов для измерения твердости.

Определение твердости на приборах Бринелля, Роквелла и Виккерса

Подготовка поверхности образцов к измерению твердости, подготовка приборов к работе. Выбор оправки и нагрузки в зависимости от толщины, конфигурации и материала образца.

Подготовка к работе прибора ТБ. Установка оправки с шариком в прибор. Проверка правильности показаний прибора по эталону. Определение твердости на приборе Бринелля. Измерение размеров отпечатка с помощью микроскопа. Вычисление твердости по формулам. Определение среднего значения НВ по таблице.

Подготовка к работе прибора ТР. Установка оправки с алмазным конусом, стальным шариком или наконечником из твердого сплава. Подготовка образцов и установка их на опорный стол прибора. Проверка прибора по эталону. Определение твердости на приборе Роквелла. Отсчет показаний по шкалам прибора.

Подготовка к работе прибора ТВ. Установка различных оправок в прибор. Проверка состояния поверхности алмазной пирамиды. Выбор нагрузок в зависимости от толщины испытываемого образца. Определение твердости на приборе Виккерса. Измерение отпечатков. Вычисление твердости по формуле и определение числа твердости по таблице.

Ознакомление с испытанием твердости другими методами. Перевод по таблице чисел твердости, определенных разными методами, из одной системы в другую.

3.6 Самостоятельное выполнение работ в качестве лаборанта-металлографа

Самостоятельное выполнение всех видов работ при проведении металлографического анализа сталей, чугунов, сплавов на алюминиевой, медной и титановой основах. Выполнение установленных норм выработки (производственные работы выполняются по инструкции металлографической лаборатории предприятия или научно-исследовательского учреждения).

Все работы выполняются под наблюдением мастера производственного обучения.

Рекомендуемая литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ;
2. Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 (ред. от 14.11.2023) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями);
3. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 N 2464 (ред. от 12.06.2024) "О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда" (вместе с "Правилами обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда")
4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024);
5. "ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования" (утв. Приказом Росстандарта от 28.09.2015 N 1391-ст);
6. Профессиональный стандарт «Лаборант-металлограф», рег. № 651, утверждённый приказом Минтруда России от 01.12.2015 № 927н.
7. Богомолова Н.А. Металлография и общая технология металлов. - М.: Высшая школа, 1984.
8. Куценко Г.И. Основы гигиены труда и производственной санитарии. - М.: Высшая школа, 1985.
9. Зуев В.М. Термическая обработка металлов. - М.: Высшая школа, 1982.
10. Дуковец И.И. Механические испытания металлов. - М.: Высшая школа, 1986.
11. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов. -М.: Машиностроение, 1986.
12. Артемьев Б.Г., Голубев СМ. Справочное пособие для работников метрологических служб. - М.: Изд. Госстандарта СССР, 1982.
13. Богомолова Н.А. Практическая металлография. - М.: Высшая школа, 1962.
14. Китаев В.В. Электротехника с основами промышленной электроники. - М.: Высшая школа, 1960.
15. Самоходкий А.И., Кунявский И.Н. Лабораторные работы по металловедению и термической обработке металлов. - М.: Машиностроение, 1961.
16. Коротан И.М. Контроль качества термической обработки. - М.: Высшая школа, 1965.
17. Зуев В.М. Лабораторные работы для подготовки термистов. - М.: Высшая школа, 1981.
18. Инструкция по работе в ИС «BAAN» с модулем «Производство».- Бизнес-роль: «Журнал ОТК», 2008.