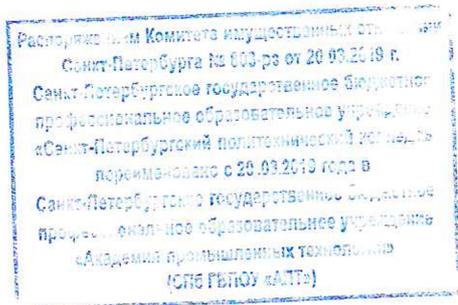


Правительство Санкт-Петербурга  
Комитет по науке и высшей школе  
Санкт-Петербургское государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Санкт-Петербургский политехнический колледж»



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

для специальности  
среднего профессионального образования  
**22.02.04 Металловедение и термическая обработка металлов**

Базовая подготовка

Санкт-Петербург  
2017

Методические рекомендации по выполнению выпускной квалификационной работы разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 22.02.04 Металловедение и термическая обработка металлов, утвержденного Приказом Министерства образования и науки от 21 апреля 2014 г. № 358

**Организация-разработчик:**

Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Санкт-Петербургский политехнический колледж» (СПб ГБОУ «СПбПК»)

Преподаватели СПб ГБПОУ «СПбПК»

Методические рекомендации рекомендованы и одобрены учебно-цикловой комиссией сварки и металлургических дисциплин

Протокол № 10 от 05 июня 2017 г.

Председатель УЦК Чекмаров С.В.

Программа одобрена на заседании Педагогического совета и рекомендована к использованию в учебном процессе

Протокол № 01 от 31 августа 2017 г.

<b>1. Основные задачи и исходные данные для курсового проекта.....</b>	<b>4</b>
1.1. Задачи квалификационной работы.....	4
1.2. Содержание и объем работы.....	4
1.3. Основные требования к оформлению расчетно-пояснительной записки и чертежей.....	5
1.4. Последовательность работы.....	5
<b>2. Общие методические указания к выполнению курсового проекта.....</b>	<b>6</b>
2.1. Исходные данные.....	6
2.2. Введение.....	6
2.2.1 Раздел 1 Термическая обработка металлов	
2.2.2 Раздел 2 Охрана труда и техника безопасности при работе на термическом участке	
2.3. Раздел 3 Расчетная часть проекта.....	6
2.3.1 Выбор марки стали.....	6
2.3.2 Разработка технологического маршрута изготовления детали.....	7
2.3.3 Разработка технологического процесса термической обработки.....	8
2.6. Выбор технологического оборудования.....	21
2.7. Контроль качества термической обработки .....	23
2.8 Оформление графической части.....	24
2.9 Раздел 4 Экономическая часть .....	24
Библиографический список.....	26
Приложения.....	27

# 1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Задачи курсового проектирования

Курсовой проект по курсу МДК 0101 «Технология термического производства» является комплексной самостоятельной работой студентов, включающей выбор марки стали для заданной детали (заготовки) и разработку технологического процесса термической обработки детали. Курсовое проектирование закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные во время лекционных и практических занятий по курсу МДК 0101 «Технология термического производства».

Защита курсового проекта является важным контрольным этапом оценки умения студента кратко изложить сущность проделанной работы и грамотно доказать правильность принятых решений.

## 1.2. Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект должен состоять из пояснительной записки и чертежей. В рамках данного курсового проекта необходимо выполнить 2 листа чертежей формата А3 или А4, из которых один лист – чертеж детали, второй лист – технологическая карта.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) техническое задание на курсовое проектирование с исходными данными;
- 3) оглавление работы;
- 4) введение;
- 5) описание изделия и условия его работы/ поставки;
- 6) технические требования, предъявляемые к изделию (заготовке) в термически обработанном состоянии;
- 7) выбор и обоснование материала для изделия (заготовки);
- 8) разработку технологического маршрута изготовления изделия (заготовки);
- 9) выбор и обоснование операций термической обработки, а также дополнительных и вспомогательных операций;
- 10) выбор и обоснование оборудования для проведения операций термической обработки;
- 11) методы контроля качества термической обработки;
- 12) возможные виды брака при операциях термической обработки изделий (заготовок), меры предупреждения и/ или устранения брака;
- 13) вопросы техники безопасности и охраны окружающей среды;
- 14) список литературы.

Объем расчетно-пояснительной записки – 30...35 листов формата А4 машинописного текста.

Каждый студент получает и выполняет индивидуальное задание на проект, включающее эскиз изделия (заготовки) и технические требования на

термообработку (категория прочности). Задание должно быть оформлено на бланке установленной формы.

### **1.3. Основные требования к оформлению расчетно-пояснительной записки и чертежей**

Расчетно-пояснительная записка выполняется на стандартных листах белой бумаги формата А4 (210 x 297 мм) со стандартной рамкой. Требования к вычерчиванию рамки: слева отступ 20 мм; сверху, справа и снизу – 5 мм. Первый лист оформляется как титульный. Внизу каждого последующего листа вычерчивается угловой штамп для указания номера листа. При этом используется шрифт Times New Roman, размер – 14, междустрочный интервал – 1,5.

В целях облегчения проверки расчетов формулы рекомендуется оформлять в следующем виде: сначала записывается формула в буквах и символах, затем та же формула без всяких алгебраических преобразований записывается в цифрах, после этого – результат вычисления. Например, при определении массы детали расчет следует оформлять так:

$$m = \rho V = 7,8 \cdot 100 = 780\text{г},$$

где  $\rho$  – плотность материала детали;  $V = 100 \text{ см}^3$  – объем детали.

При выполнении чертежей необходимо руководствоваться ГОСТами на машиностроительные чертежи. Чертежи заготовок должны быть вычерчены (по возможности) в натуральную величину с необходимым количеством проекций и разрезов. Чертежи заготовок, имеющих большие размеры, рекомендуется выполнять в уменьшенном масштабе, установленном ГОСТом.

### **1.4. Последовательность работы над проектом**

Работу над курсовым проектом рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. Ознакомление с техническим заданием. Подбор литературы, необходимой для проектирования. Анализ исходных данных.
2. Разработка технологического маршрута изготовления изделия (заготовки); выбрать оборудование, оснастку и инструмент, пользуясь справочной литературой.
3. Выбор и обоснование материала изделия (заготовки).
4. Ознакомление и анализ видов термической обработки изделий (заготовок) из конструкционных сталей и обоснование выбранных видов термообработки.
5. Выбор и обоснование режимов термической обработки детали.
6. Расчет длительности нагрева, выдержки и охлаждения
6. Выбор технологического оборудования для термической операции, пользуясь литературой и справочными данными.
7. Окончательное оформление технологического процесса термообработки в виде технологической карты.

8. Окончательное выполнение чертежей, указанных в задании.
9. Окончательное оформление расчетно-пояснительной записки.
10. Подготовка к защите курсового проекта.

## **2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **2.1. Исходные данные**

Исходные данные к курсовому проекту указаны в прил. 1 в соответствии с индивидуальным вариантом.

При анализе материала изделия (заготовки), необходимо расшифровать марку и основные физико-механические характеристики материала, пояснить соответствие механических свойств категории прочности. Материал должен удовлетворять эксплуатационным и экономическим требованиям.

### **2.2. Введение**

Во введении излагаются общие положения о состоянии, перспективах и основных направлениях развития металлургии, а также о термической обработке материалов, ее целях и месте в технологическом процессе изготовления деталей и заготовок.

#### 2.2.1 Раздел 1 Термическая обработка металлов

Этот раздел представляет собой литературный обзор, в котором освещены следующие вопросы:

- Перспективы развития металлургии
- Место термической обработки в современном производстве
- Режимы предварительной и окончательной термической обработки поковок
- Влияние легирующих элементов, содержания углерода и вредных примесей на свойства конструкционных сталей.

#### 2.2.2 Раздел 2 Охрана труда и техника безопасности при работе на термическом участке

В данном разделе необходимо описать основные требования техники безопасности при работе на термическом участке, а также какие мероприятия охраны труда проводятся на металлургических и/или машиностроительных предприятиях.

### **2.3 Раздел 3 Расчетная часть проекта**

#### 2.3.1 Выбор и обоснование материала для изделия/ заготовки

Проанализировав форму и размеры изделия/ заготовки, а также условия поставки, необходимо выбрать наиболее подходящую для изготовления такого изделия/ заготовки марку стали. При этом необходимо учесть требования к механическим и эксплуатационным свойствам. Для этого необходимо воспользоваться марочником сталей, а также ГОСТом на предлагаемую марку стали.

Выбор марки стали должен, с одной стороны, удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к изделию/ заготовке, а с другой стороны быть экономически целесообразным. Например, изделие «молоток ручной» можно изготовить из углеродистой инструментальной стали У8, а можно из легированной инструментальной стали ХГС. Проанализировав условия эксплуатации (малонагруженная деталь, испытывающая небольшие ударные нагрузки, работающая при температуре окружающей среды, не имеющая контактов с агрессивной средой) делаем вывод, что изготавливать данное изделие из стали ХГС экономически нецелесообразно, т.к. более дешевая углеродистая сталь У8 вполне удовлетворяет предъявляемым требованиям.

#### Описание изделия и условия поставки/ эксплуатации

На данном этапе работы важно проанализировать условия поставки заготовки, требования по категории прочности. Кроме того, важно оценить габариты и конфигурацию изделия / заготовки. Т.к. все эти факторы накладывают отпечаток на выбор материала для изготовления изделия/ заготовки.

По эскизу оценить габариты заготовки, ее форму (цилиндр, плита, труба, кольцо и т.п.), конфигурацию (сложная или простая). Затем, зная размеры заготовки и упростив ее форму до простой геометрической фигуры, рассчитать объем детали. Зная объем, рассчитать массу детали по формуле:

$$m = V * \rho \text{ (кг)},$$

где  $m$  – масса изделия (кг),  $V$  – объем изделия ( $\text{м}^3$ ),  $\rho$  – плотность стали (принимается  $7800 \text{ кг/м}^3$ ).

Описание условий поставки должно содержать следующую информацию:

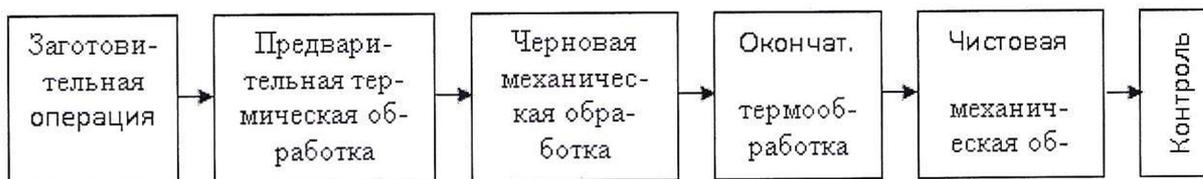
- в каком состоянии поставляется заготовка (без термической обработки, после окончательной термической обработки и т.п.);
- требования к уровню твердости в состоянии поставки;
- требования к категории прочности в состоянии поставки.

#### Технические требования, предъявляемые к изделию/ заготовке

На данном этапе необходимо указать требования к механическим свойствам изделия, а также к его коррозионной стойкости, теплостойкости/ жаропрочности, хладостойкости и др., если это необходимо, исходя из условий поставки.

#### 2.3.2. Разработка технологического маршрута изготовления детали (маршрутной карты)

Основной задачей этого этапа проекта является составление общего плана (маршрута) получения заготовки, начиная с заготовительной операции и до отправки заказчику с заданными размерами и техническими параметрами. Маршрут обработки можно представить в виде следующей общей схемы:



Для разработки маршрутной карты необходимо учесть основные этапы изготовления изделия/ заготовки. Продумать целесообразность каждого этапа, обосновать его необходимость.

### 2.3.3. Разработка технологического процесса термической обработки

В рамках курсового проекта по курсу МДК 0101 «Технология термического производства» наиболее важным является этап по разработке операций термической обработки детали с выбором необходимого оборудования, оснастки и инструмента.

**Технологический процесс** - это совокупность последовательных действий по изменению физико-механического состояния предметов труда с целью придания необходимых технических характеристик.

Разработка технологического процесса термообработки начинается с изучения технических условий на изделие/ заготовку. Обычно в технических условиях указывается твердость поверхности изделия, категория прочности, величина допустимой деформации и другие показатели. После изучения технических условий выбирают основные операции термической обработки, тип оборудования, инструмент и т.д.

Технологический процесс термической обработки деталей включает в себя подготовительные, основные, отделочные и контрольные операции [4].

*Подготовительные операции* включают в себя комплекс мероприятий, направленных на предохранение изделий от образования трещин и других видов дефектов, например, обезжиривание деталей перед азотированием, укладку их в поддоны (т.е. формирование садки), защиту и изоляцию отдельных мест и т.д.

*Основные операции* включают в себя нагрев изделий для закалки, нормализации, отжига, отпуска, ХТО и т.д., выдержки и охлаждения. Выбор вида термической обработки обуславливается техническими требованиями к поверхностям деталей по физико-механическим свойствам.

*Отделочные операции* состоят из очистки поверхности деталей, рихтовки и правки после корабления и т.д.

*Контрольные операции* являются заключительными в технологическом процессе. В них входят контроль твердости, толщины слоя после ХТО и закалки токами высокой частоты (ТВЧ) и т.п. Контроль осуществляется как представителями организации-изготовителя, так и заказчика.

Разработка технологических процессов термической обработки в общем случае включает в себя следующие работы: определение последователь-

ности и содержания технологических операций; назначение и расчет режимов обработки; выбор оборудования; нормирование процесса; выбор средств контроля и испытаний; оформление рабочей документации на технологический процесс.

### ***Выбор вида термической обработки***

Все виды термической обработки в зависимости от назначения делятся на предварительные и окончательные.

**Предварительная термообработка** проводится для улучшения обрабатываемости материала режущим инструментом, повышения его пластичности, снятия внутренних напряжений и улучшения структуры.

Предварительной термообработке подвергаются заготовки деталей машин. К видам предварительной термической обработки, как правило, относятся: отжиг, нормализация, улучшение.

Краткая характеристика видов предварительной термической обработки и область их применения представлены в табл.2.

**Окончательная (упрочняющая) термообработка** проводится для придания требуемых эксплуатационных характеристик (твердость, износостойкость и т.д.) поверхностям изделий / заготовок.

Все детали, подвергаемые окончательной (упрочняющей) термообработке, можно разделить на две группы. К первой группе относятся детали, работающие на трение, поэтому проведенная термообработка должна обеспечить необходимую твердость, износостойкость поверхностного слоя. Ко второй группе относятся детали, испытывающие при работе значительные нагрузки различного характера: растягивающие, изгибающие, крутящие, контактные.

В деталях, испытывающих в процессе эксплуатации растягивающие и сжимающие нагрузки, напряжения по сечению распределены более или менее равномерно. Для таких деталей применяют сквозную закалку и отпуск.

В деталях, работающих на изгиб, кручение или при высоких контактных нагрузках, сквозное упрочнение сечения не обязательно, но, желательно поверхностное упрочнение при сохранении вязкой сердцевины.

Окончательная термическая обработка поковок проводится для обеспечения КП согласно требования заказчика. Условия поставки поковок (заготовок) оговариваются между исполнителем и заказчиком на этапе составления договора на поставку.

Краткая характеристика видов окончательной термической обработки и область их применения представлены в табл.3.

Таблица 2. **Виды предварительной термической обработки**

Наименование обработки	Краткая характеристика и применение	Режим
1	2	3
Отжиг	Медленное охлаждение нагретой стали (с печью, в горячей золе, песке, цементе и т.п.). В зависимости от температуры нагрева	Скорость охлаждения до 50-100°С/час для уг-

	подразделяется на полный, неполный, диффузионный и рекристаллизационный	леродистых и 20-60°C/час для легированных сталей, затем на воздухе
Полный отжиг	Выравнивает структуру по всей площади сечения; снижает твердость и облегчает обрабатываемость; снимает внутренние напряжения; ликвидирует перегрев, измельчая структуру. Применяется для поковок и отливок только из доэвтектоидных сталей	Температура нагрева на 30-50°C выше $A_{C3}$
Неполный отжиг (сфероидизация)	Обеспечивает получение зернистого перлита, обладающего лучшей обрабатываемостью, чем пластинчатый перлит. Применяется только для эвтектоидных и заэвтектоидных сталей	Температура нагрева на 30-40°C выше $A_{C1}$
Диффузионный отжиг (гомогенизационный)	Выравнивает химический состав по всему сечению. Отливки из легированных доэвтектоидных сталей	Температура нагрева на 150-200°C выше $A_{C3}$ , с длительной выдержкой
Рекристаллизационный отжиг	Снимает наклеп, увеличивая пластичность и уменьшая твердость, улучшает обрабатываемость. Все стали после холодной штамповки либо грубой механической обработки	Температура нагрева на 20-50°C ниже $A_{C1}$
Нормализация	Выравнивает и измельчает структуру; улучшает механические свойства стали; разрушает карбидную сетку у заэвтектоидных сталей. Применяется после горячей или грубой механической обработки стали, перед цементацией и после нее	Нагрев на 30-80°C выше $A_{C3}$ ( $A_{Cт}$ ), охлаждение на спокойном воздухе

Таблица 3. **Виды окончательной термической обработки**

Наименование обработки	Краткая характеристика и применение	Режим
1	2	3
Закалка	Охлаждение стали, нагретой до температуры выше $A_{C1}$ , $A_{C3}$ . Повышает твердость, прочность и износостойкость; измельчает структуру. Стали с содержанием углерода менее 0,3% перед закалкой подвергаются поверхностному науглероживанию (цементации), а с содержанием углерода 0,3% и более закаливает без дополнительной обработки. В зависимости от температуры нагрева закалка подразделяется на полную и неполную. Широко применяется для всех групп сталей	Скорость охлаждения и охлаждающая среда (вода, масло, воздух и т.п.) назначаются в зависимости от химического состава стали и требований, предъявляемых к детали
Полная закалка	Применяется для эвтектоидных и доэвтек-	Температура на-

	тоидных сталей, обеспечивая максимально возможную твердость	грева на 30-50°C выше $A_{C3}$
Неполная закалка	Применяется для заэвтектоидных сталей, обеспечивая им максимально возможную твердость	Температура нагрева на 30-50°C выше $A_{C1}$
Поверхностная закалка	Повышает твердость только поверхностного слоя. Применяется в тех случаях, когда необходима высокая износостойкость поверхности и мягкая сердцевина детали	Нагрев поверхностного слоя при помощи токов высокой частоты (ТВЧ) или горелок до температуры выше $A_{C3}$ с последующим быстрым охлаждением
Отпуск	Производится немедленно после закалки, с целью придания стали необходимых механических свойств. В зависимости от температуры нагрева подразделяется на: низкий, средний и высокий	Нагрев ниже $A_{C1}$ , скорость охлаждения назначается в зависимости от хим. состава
Низкий отпуск	Понижает внутренние напряжения, возникшие в процессе закалки, без заметного снижения твердости и хрупкости. Режущий инструмент, не подвергающийся ударам; измерительный инструмент; поверхности деталей, работающих в условиях трения	Температура нагрева 150-250°C. Для специальных легированных сталей интервал температур иной

Продолжение табл. 3

1	2	3
Высокий отпуск	Снижает внутренние напряжения и хрупкость, возникшие в процессе закалки; увеличивает вязкость и значительно понижает твердость; после высокого отпуска возможна обработка лезвийным инструментом. Ответственные детали машин; валы, шатунные болты и т.п.	Температура нагрева 500-700°C. Для специальных легированных сталей интервал температур иной
Улучшение	Двойная термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска	См. закалку и высокий отпуск
Искусственное старение (прерывистое)	Стабилизирует размеры детали. Применяется после отпуска при обработке особо точных изделий, например, калибров, прецизионных деталей топливной аппаратуры	Нагрев до 110-140°C, выдержка 2-3 часа, охлаждение в масле при 20-25°C. Операция повторяется 3-4 раза. Иногда заменяется вы-

		держкой до 100ч
Обработка холодом	Увеличивает твердость, переводя остаточный аустенит в мартенсит. Применяется медленно после закалки (до отпуска) для деталей ответственного назначения и инструмента, изготовленных из углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода свыше 0,6%. После обработки холодом необходим низкий отпуск	Температура охлаждения от $-20$ до $-100^{\circ}\text{C}$ в зависимости от химического состава стали
Цементация (науглероживание)	Насыщение поверхностного слоя детали углеродом до концентрации 0,8-1%. Обеспечивает получение (после закалки) изделия с высокой твердостью и износостойкостью на поверхности и с вязкой сердцевиной. Применяется для деталей, изготовленных из малоуглеродистых сталей (до 0,25% углерода)	Нагрев деталей в герметически закрытой среде твердого или газообразного карбуризатора на $50-80^{\circ}\text{C}$ выше $A_{c3}$ , выдержка с медленным охлаждением
Азотирование	Насыщение поверхностного слоя детали азотом после предварительного улучшения. Придает высокую твердость (80-85 HRA), износостойкость и коррозионную стойкость поверхностному слою изделия при минимальном его короблении и не требует последующей обработки	Нагрев деталей в атмосфере аммиака при $500-700^{\circ}\text{C}$ с последующим охлаждением в парах аммиака до $100^{\circ}\text{C}$

### *Параметры режима термической обработки*

Термическая обработка представляет собой совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения металлических изделий с целью изменения структуры и свойств сплавов. Параметрами режима термической обработки являются: максимальная температура нагрева, время нагрева, время выдержки сплава при температуре нагрева и скорость охлаждения.

**Температуру нагрева** для различных видов термической обработки назначают: для углеродистых сталей по диаграмме железо-цементит, для легированных сталей – по справочникам или государственным стандартам. Ориентировочно можно использовать диаграмму.

**Время нагрева** стальных заготовок и деталей до заданной температуры зависит от ряда факторов: химического состава стали, размеров максимального сечения, теплопроводности, площади поверхности контакта с нагревающей средой и т.д.

Расчет времени нагрева и выдержки на предприятиях ведется по инструкциям, разработанным специально для нагревательного оборудования данного производства. Кроме того можно рассчитать режим по более общим формулам. В этом случае расчет будет усредненным, но иметь широкое применение для различных производств. Именно такой, общий расчет, и надо провести в рамках курсового проекта.

Первоначально определяется критерий  $Bi$ , величина которого позволит отнести нагреваемое тело к числу «тонких» или «массивных».

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda}$$

где,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, ккал / м<sup>2</sup> час °С  
 $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, ккал / м час °С  
 $R$  – радиус изделия в м или  $H$ - толщина изделия в м.

При двухстороннем нагреве  $H$  принимается равной половине толщины пластин.

При расчетах любую деталь, в зависимости от ее внешней конфигурации, можно отнести с достаточным приближением к цилиндру или пластине.

Если критерий  $Bi < 0,25$ , то тело тонкое, если  $Bi > 0,5$  – массивное. Если критерий  $Bi$  находится между интервалами 0,25 и 0,5, то тело можно считать, как тонким, так и массивным. В зависимости от массивности нагреваемого тела выбирается методика расчета времени его нагрева.

Значение  $\alpha$  – коэффициента теплоотдачи можно принимать равным:

При температуре печи – 1100°С  $\alpha = 250$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

При температуре печи – 900°С  $\alpha = 180$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

При температуре печи – 600°С  $\alpha = 90$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

При нагреве в расплавах солей с температурами:

1300°С  $\alpha = 500$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

1000°С  $\alpha = 300$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

900°С  $\alpha = 400$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

500°С  $\alpha = 500 - 600$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С

При охлаждении:

На воздухе  $\alpha = 30-50$

В масле  $\alpha = 300-500$

В воде  $\alpha = 1000-2000$

Значение  $\lambda$  – коэффициента теплопроводности при расчетах можно принимать:

Для углеродистых сталей:

$\lambda = 30-50$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С при температуре 200 -600°С

Для низкоуглеродистых сталей:

$\lambda = 25-35$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С при температуре 200 -600°С

Для высоколегированных сталей

$\lambda = 15-20$  ккал/ м<sup>2</sup> час °С при температуре 200 -600°С

Для всех сталей теплопроводности в пределах 900°C одинаковы и равны 22 ккал/ м<sup>2</sup> час°C.

Расчет нагрева как тонких, так и массивных деталей можно производить на основании теоретических данных по эмпирическим формулам.

Определение времени нагрева массивных деталей можно выполнять по нижеследующим эмпирическим зависимостям.

Для деталей простой формы из углеродистых сталей при нагреве в условиях постоянной температуры / 700- 900°C / время нагрева принимается равным.

$$\tau_n = 1,0 \cdot H^* / \text{мин}/$$

Для деталей из легированных сталей

$$\tau_n = 1,4 \cdot H^* / \text{мин}/$$

Для деталей сложной конфигурации время предварительного нагрева до температуры 500-600° можно определить:

Из углеродистой стали  $\tau = 1,25 \cdot H^* / \text{мин}/$

Из легированных сталей  $\tau = 1,6 \cdot H^* / \text{мин}/$

Время окончательного нагрева от 500-600°C до окончательной температуры:

Углеродистые стали  $\tau = 0,7 \div 0,8 \cdot H^* / \text{мин}/$

Легированные стали  $\tau = 1,0 \div 1,2 \cdot H^* / \text{мин}/$

\* - При этом Н (толщина детали) указывается в мм

Время выдержки при температуре предварительного подогрева / 500-600 °С / для массивных деталей сложной конфигурации принимается 1,5-2 часа.

Время выдержки при окончательном нагреве берется из практических данных заводов, где обрабатываются данные изделия. Также при выборе времени выдержки можно руководствоваться следующими данными:

Для углеродистой стали 0,8-1,0 мин на 1мм толщины

Для легированной стали 1,5-2,0 мин на 1 мм толщины

Для высоколегированной стали 2,0-2,5 мин на 1мм толщины

Время нагрева при высокотемпературном отпуске деталей определяется по формулам:

Для углеродистых сталей  $\tau_n = 1,25 \cdot H^* / \text{мин}/$

Для легированных сталей  $\tau_n = 1,6 \cdot H^* / \text{мин}/$

\* - При этом Н (толщина детали) указывается в мм

Продолжительность выдержки при высокотемпературном отпуске назначается по практическим данным. Можно руководствоваться и приведенными ниже данными:

Для углеродистой стали 1,5-2 мин на 1 мм толщины

Для легированной стали 2,5-3,5 мин на 1 мм толщины

Для высоколегированной стали 5-6 мин на 1 мм толщины.

Время выдержки при низкотемпературном отпуске определяется по справочным данным И.В. Фиргер, термическая обработка сплавов изд.1982г. стр.31.

13. Время выдержки изделий в электропечах при отпуске или низкотемпературном отжиге

Условная толщина изделия, мм	Выдержка (мин) при температуре, °С			Условная толщина изделия, мм	Выдержка (мин) при температуре, °С		
	300	320—400	400		300	320—400	400
До 20	140	40	30	65	185	85	75
25	145	45	35	70	190	90	80
30	150	50	40	75	195	95	85
35	155	55	45	80	200	100	90
40	160	60	50	85	205	105	95
45	165	65	55	90	210	110	100
50	170	70	60	95	215	115	105
55	175	75	65	100	220	120	110
60	180	80	70				

Примечания: 1. Время выдержки взято из расчета: а) при температуре отпуска <300 °С 2 ч + 1 мин на 1 мм условной толщины; б) при температуре отпуска 300—400 °С 20 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины; в) при температуре отпуска >400 °С 10 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины. 2. Определение условной толщины см. рис. 11.

14. Время выдержки изделий при отпуске в соляных (селитровых) ваннах

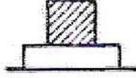
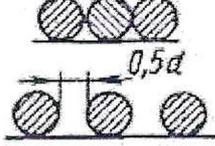
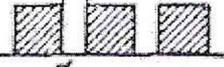
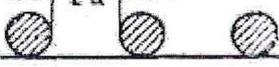
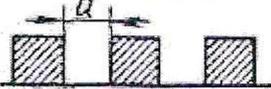
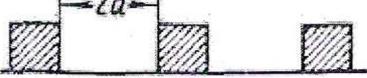
Условная толщина изделия, мм	Выдержка (мин) при температуре, °С			Условная толщина изделия, мм	Выдержка (мин) при температуре, °С		
	300	320—480	480		300	320—480	480
1			3	25			13
3			4	30			15
5			5	35			17
7	120	15—25	6	40	120	15—25	19
10			7	45			21
15			9	50			23
20			11				

Примечания: 1. Время выдержки взято из расчета: а) при температуре отпуска <300 °С 120 мин; б) при температуре отпуска 300—400 °С 15—25 мин; в) при температуре отпуска >480 °С 3 мин + 0,4 мин на 1 мм условной толщины. 2. Определение условной толщины см. рис. 11.

При всех приведенных случаях расчетов за величину  $N$  следует принимать толщину детали.

При нагреве нескольких деталей или изделий в печи одновременно, следует учитывать способ их укладки. Если при нагреве детали плотно соприкасаются друг с другом, то полученная расчетом продолжительность нагрева должна быть увеличена в 2-3 раза, если между ними имеется промежуток для циркуляции печной атмосферы, то расчетную продолжительность следует увеличить в 1,2 – 1,5 раза.

Также при таких расчетах можно пользоваться таблицей коэффициентов расположения:

Расположение изделий	Коэффициент времени нагрева $K_{расп}$	Расположение изделий	Коэффициент времени нагрева $K_{расп}$
	1		1
	1		1,4
	2		4
	1,4		2,2
	1,3		2,0
			1,8

Фиг. 49. Коэффициенты времени нагрева в зависимости от расположения изделий в печи;  $d$  — диаметр или сторона квадрата.

Расчет *продолжительности охлаждения* при отпуске можно производить в следующем порядке:

Расчет времени охлаждения

1. Определить значение критерия  $Vi$

$$Vi = \frac{\alpha \cdot R}{\Lambda} \quad (\text{значение всех величин даны выше})$$

2. Определяется температурный критерий  $\Theta$ .

$$\Theta = \frac{t_c - t_{м.к.}}{t_c - t_{м.н.}}$$

тм.к. – температура центра или поверхности изделия после охлаждения в среде °С.

тм.н. – температура изделия в момент погружения (помещения) в охлаждающую среду °С.

тс. – начальная температура среды охлаждения °С.

3. По рассчитанным значениям  $Bi$  и  $\Theta$  определяется значение критерия  $F$ . Это значение определяется по графикам, приведенным в учебнике Б.С. Мастрюков, «теория конструкции и расчеты металлургических печей, том 2, изд.1978 г. стр.43-44».

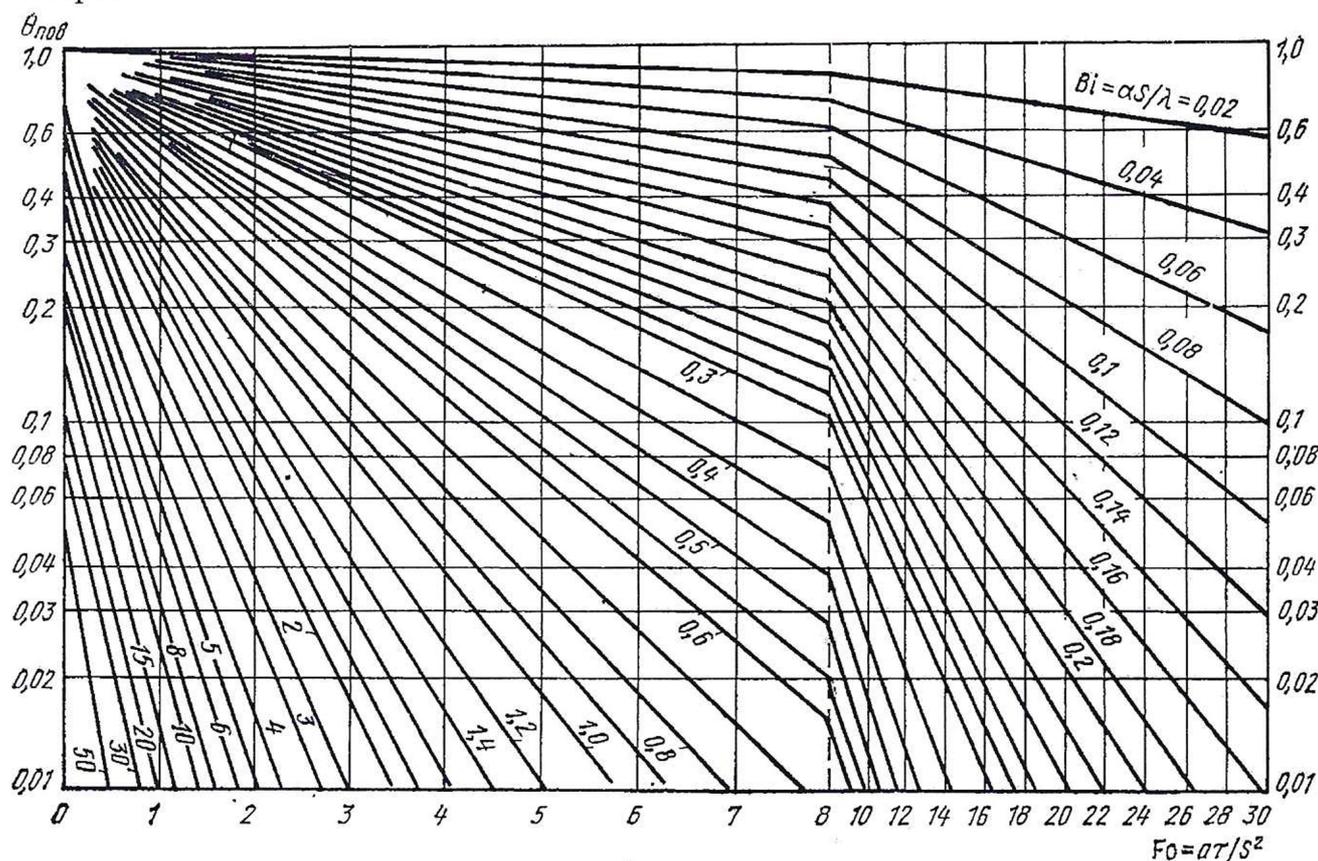


Рис. 1 Номограмма для расчета нагрева или охлаждения поверхности плиты

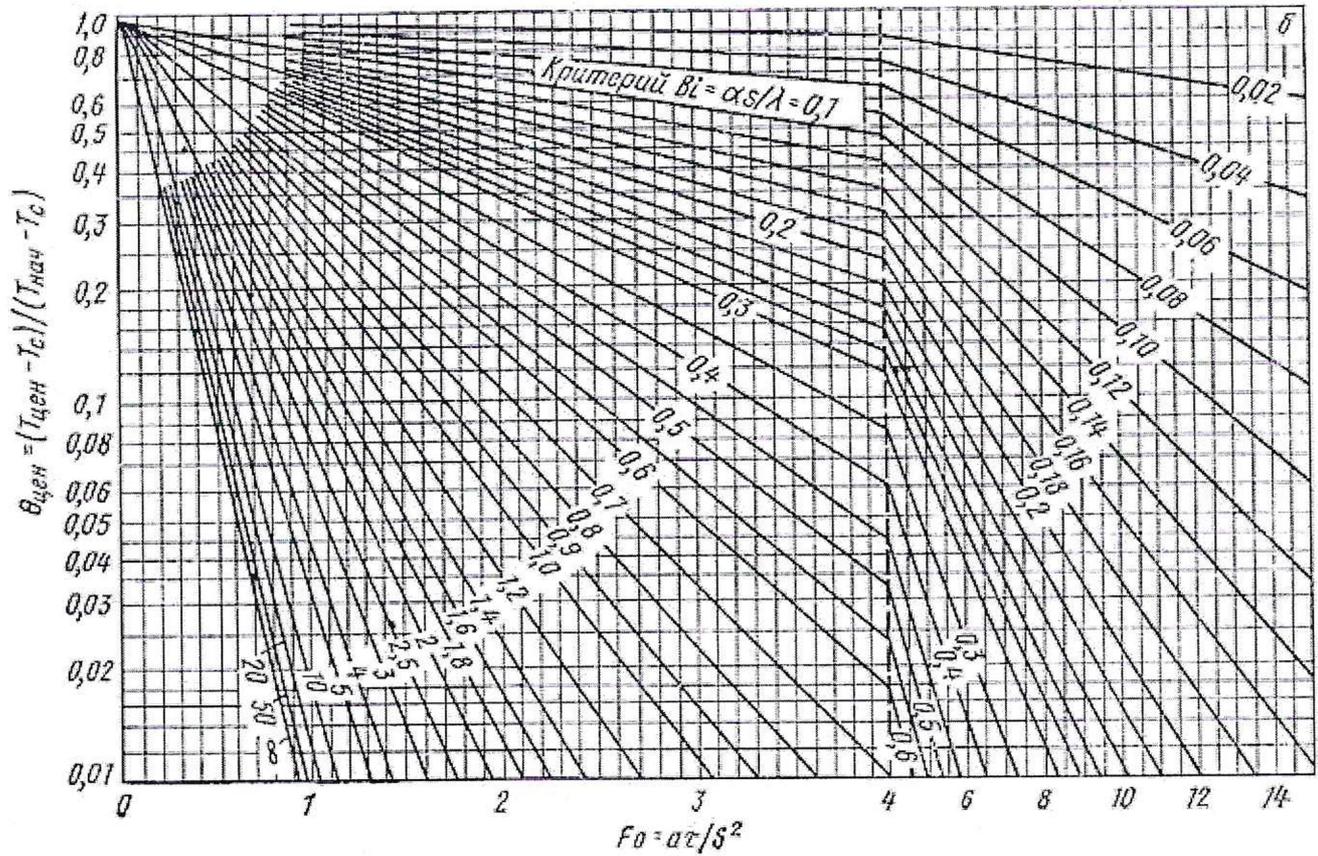


Рис. 2 Номограмма для расчета нагрева или охлаждения центра цилиндра.

Найденное значение критерия Фурье (F) подставляется в формулу:

$$F = \frac{\alpha \cdot \tau}{R^2}$$

Откуда затем определяется время охлаждения

$$\tau = \frac{F \cdot R^2}{\alpha} \quad (\text{час})$$

В этой формуле принято:

$\alpha$  – коэффициент температуропроводности м<sup>2</sup>/час:

$$\alpha = \lambda / (c \cdot \gamma)$$

$c$  – средняя теплоемкость за период охлаждения, ккал/кг °С

$c = 0,14-0,16$  ккал/кг °С

$\gamma$  – удельный вес стали; кг/м<sup>3</sup> – 7800 кг/м<sup>3</sup>

$R$  – радиус изделия (детали) или  $H$ - половина толщины детали, м

### Выбор охлаждающей среды при закалке.

Одним из самых важных этапов закалки является охлаждение, т.к. именно на этом этапе формируется мартенсит. Поэтому, при назначении режима необходимо определить критическую скорость закалки  $V_{кр}$ . Наиболее точно определить  $V_{кр}$  можно, воспользовавшись термокинетической диаграммой (см. рис. 3). Зная охлаждающую способность различных охлаждающих сред, назначить режим охлаждения (выбрать охлаждающую среду)

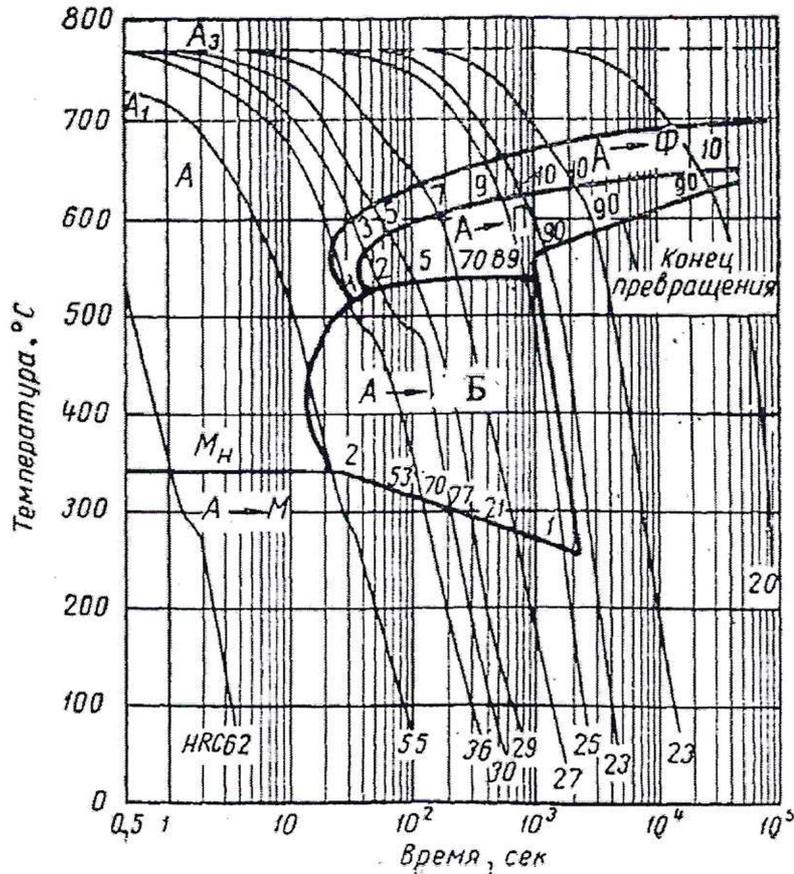


Рис. 3 Термокинетическая диаграмма стали 45Г2

Назначим  $T_{зак}$  и определим  $V_{кр}$  для стали 45Г2. Время выдержки должно определяться исходя из конфигурации детали и формирования садки в каждом конкретном случае.

1) Найдем линии, соответствующие  $A_{c1}$  и  $A_{c3}$  на рис. 3:

$$A_{c1} = 700 \text{ } ^\circ\text{C}; A_{c3} \approx 770 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2) Рассчитаем **критическую скорость** закалки для стали 45Г2:

$$V_{кр} = (750 - 400) / 10 = 35 \text{ } ^\circ\text{C/c}$$

3) Выберем охлаждающую среду:

Охлаждающая способность различных охлаждающих сред в различных интервалах температур приведена в таблице 4.

Таблица 4. Охлаждающая способность различных закалочных сред

Закалочная среда	Скорость охлаждения, град/с, в интервале температур, °С	
	600–500	300–200
Вода:		
при 20 °С (спокойная)	600	270
при 20 °С (циркулирующая)	350	700
Дистиллированная вода при 20 °С	250	200
10 %-е водные растворы:		
поваренной соли	1 100	300
едкого натра	1 200	300
соды (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	800	270
Минеральное масло при 20 °С	120	25
Эмульсия (смесь масла и воды)	70	200

Сравним критическую скорость закалки стали 45Г2 с данными таблицы ( $V_{кр} = 35^\circ\text{C}/\text{с}$ ). Охлаждающей способности минерального масла достаточно, чтобы получить мартенситную структуру на поверхности закаливаемой детали.

Необходимо учитывать, что скорость охлаждения снижается вглубь сечения, т.е. сердцевина будет охлаждаться медленней, чем поверхность. При этом, чем больше толщина детали, тем медленнее охлаждается сердцевина. Это значит, что при необходимости прокалить деталь насквозь, охлаждающую среду надо выбирать так, чтобы она обеспечила критическую скорость охлаждения в сердцевине, а не только на поверхности. Поэтому назначать охлаждающую среду необходимо с некоторым «запасом».

Полученные расчетные данные нагрева и охлаждений необходимо сравнить с практическими, если есть расхождения, то следует проверить расчет или дать обоснование их.

Расчет нагрева и охлаждения производится по каждой операции и завершается графиком в координатах температура – время, а затем составляется режим проведения операции, который сводится в примерную таблицу.

№	Наименование периодов операции	Продолжит. В мин/час
1.	Посадка в печь при температуре печи	
2.	Нагрев до температуры	
3.	Выдержка при температуре	
	Время нагрева	
4.	Охлаждение (в масле, в воде, на воздухе) до температуры	
	Общее время на операцию	

## 2.6. Выбор технологического оборудования

К основному оборудованию термического участка относятся нагревательные печи, печи-ванны, установки для получения искусственных атмо-

сфер, индукционные закалочные установки, закалочные баки, то есть оборудование, с помощью которого выполняют основные технологические операции.

К вспомогательному оборудованию относят грузоподъемные средства, приспособления для загрузки деталей, контрольно-измерительную аппаратуру и приборы, оборудование для очистки деталей и т.п.

Печи для термической обработки классифицируются по следующим признакам:

**1. По назначению** – универсальные печи для отжига, нормализации, закалки и отпуска; цементационные; для азотирования; печи специального назначения.

**2. По температуре рабочего пространства** – низкотемпературные, среднетемпературные, высокотемпературные.

**3. По характеру загрузки, выгрузки** – камерные, шахтные, печи с выдвижным подом.

**4. По источнику тепла** – мазутные, газовые, электрические.

В небольших многотемпературных термических цехах и участках широкое распространение получили универсальные камерные печи, работающие на мазуте или газе, электрические печи камерные и шахтные с карбундовыми (силитовыми) нагревателями. Температуры таких печей приведены в табл.10 ÷ 12.

Таблица 10. Камерные огневые термические печи

Индекс печи	Размеры загрузочных окон, мм	Наибольший расход топлива		Производительность, кг/ч	
		природный газ, м <sup>3</sup> /ч	мазут, кг/ч	при за- калке, отжиге	при отпус- ке
ТНО-4.6,4.5/11	324x348	5	4	40	30
ТНО-4.8,4.5/11	325x348	7	6	60	40
ТНО-5.10.5.5/11	410x464	10	8	90	60
ТНО-6.12.5.5/11	410x464	15	12	130	90
ТНО-8.12.6.5/11	512x696	20	16	170	120
ТНО-8.16.6.5/11	512x696	26	20	230	160
ТНО-10.14.8/11	596x1044	28	22	250	175
ТНО-10.20.8/11	596x1044	40	32	360	250

*Примечание.* Расшифровка индекса печи: ТНО – термическая, нагревательная, камерная, обычная атмосфера; цифры в числителе – округленные значения ширины, длины, высоты рабочего пространства в дм; в знаменателе – максимальная рабочая температура в сотнях градусов.

Таблица 11. Камерные электрические печи

Индекс электропечи	Индекс электропечи
Высокотемпературные	Среднетемпературные
СНЗ-2.2.0,9/13	СНО-2,5.5.1,7/10
СНЗ-3.4.1,2/13	СНО-3,6,5.5,2/10
СНЗ-5.6.5,2/13	СНО-5.10.3,2/10
СНЗ-8.5.10,3/13	СНО-8,5.17.5/10
СНЗ-8.5.17,5/13	Низкотемпературные
СНЗ-11.22.7/12	СНО-3.6,5.2/7
СНО-2,55.1,7/12	СНО-4,8,2,6/7
СНО-4,8,2,6/12	СНО-5.10.3,2/7
СНО-5.10.3,2/12	СНО-6,5.13.4/7
СНО-8,5.17.5/12	СНО-8,5.17.5/7

*Примечание.* Расшифровка индекса печи: С – нагрев сопротивлением, Н – нагревательная камера, З или О – защитная или окислительная атмосфера. Цифры после букв: в числителе – ширина, длина и высота рабочего пространства в дм, в знаменателе – максимальная рабочая температура в сотнях градусов.

В камерных печах загрузку и выгрузку деталей массой до 10 кг осуществляют вручную. При массе деталей более 10 кг используют средства механизации (подвесные клещи на монорельсе, манипуляторы, загрузочные машины). Мелкие детали загружают в печи на поддонах (противнях).

Таблица 12. Шахтные электрические печи

Печи с цилиндрическим рабочим пространством	Печи с прямоугольным сечением рабочего пространства
СШО-4.4/7 (25) СШЗ-4.8/10 (42)	СШЗ-2.2.10/13 (32)
СШО-4.12/7 (40) СШЗ-6.6/10 (45)	СШЗ-5.5.20/13 (126)
СШО-6.6/7 (36) СШЗ-6.12/10 (75)	СШЗ-8,5.8,525/13
СШО-6.12/7 (60) СШО-6.18/10 (90)	
СШО-6.18/7 (72) СШО-6.30/10 (136)	
СШО-6.30/7 (108) СШЗ-10.10/10 (110)	
СШО-10.10/7 (86) СШЗ-10.20/10 (165)	
СШО-10.20/7 (120) СШЗ-10.30/10 (220)	
СШО-10.30/7 (160)	

*Примечание.* Расшифровка индекса печи: С – нагрев сопротивлением, Ш – шахтная, О или З – обычная или защитная атмосфера. Цифры в числителе: диаметр и высота или ширина, длина и высота рабочего пространства в дм, в знаменателе – максимальная рабочая температура в сотнях градусов, цифра в скобках – мощность в кВт.

В шахтные печи загрузку деталей осуществляют в металлических корзинах или подвешивают на специальные приспособления – ёлочку.

## 2.7 Контроль качества термической обработки

Контроль качества термообработки проводится обычно измерением твёрдости на образце, вырезанном из пробы по методу Бринелля. Кроме того, поставка заготовок из конструкционных сталей осуществляется с оформле-

нием сертификата на механические свойства стали в состоянии поставки. Для этого из пробы вырезаются образцы для проведения испытаний механических свойств, как правило, это испытания на растяжение и ударный изгиб. Если поковка изготавливается из коррозионностойкой стали, то проводятся испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии (МКК). Также, по требованию заказчика, может быть проведен анализ микроструктуры. Все необходимые образцы вырезаются из пробы. Как правило, проба заложена в поковку.

## 2.8. Оформление технологической документации на процесс термической обработки заготовки и детали

В заключении, после выбора вида и режима термической обработки, основного и вспомогательного оборудования и инструментов, оформляется технологическая документация в виде операционной карты технологического процесса термообработки заготовки и детали.

## 2.9 Раздел 4 Экономическая часть

### 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Годовая программа выпуска деталей в тоннах и штуках

$Q_{\text{год.шт}} = \text{????}$

$Q_{\text{год.тонн}} = Q_{\text{год.шт}} \times m \text{ (1)}$

Где,

$Q_{\text{год.шт}}$  – количество деталей в год, шт.

$m$  – масса детали, кг

1.2. Исходные данные

Деталь –

Минимальный диаметр (min d) -

Максимальный диаметр (max d) -

Высота детали -

Масса детали –

1.3. Деталь изготавливают из стали ....., таблица №1, таблица №2.

Таблица №1.

Исходные технологические данные по закалке

Наименование периодов операции	Продолжительность в мин.
Нагрев детали до температуры ..... $^{\circ}\text{C}$	
Выдержка детали до температуры ..... $^{\circ}\text{C}$	

Общее время нагрева	
Охлаждение, в чем?	
Общее время на операцию	

Таблица №2.

Исходные технологические данные по отпуску

Наименование периодов операции	Продолжительность в мин.
Нагрев детали до температуры .....С <sup>0</sup>	
Выдержка детали до температуры ..... С <sup>0</sup>	
Общее время нагрева	
Охлаждение, в чем?	
Общее время на операцию	

Таблица №3.

Применяемое оборудование

Наименование операции	Применяемое оборудование	Тип оборудования
Закалка		
Отпуск		

1.4. Применяемое приспособление.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА УЧАСТКЕ

2.1. Деталь имеет очень широкое распространение в различных машинах и оборудованях, поэтому производство крупно - серийное. Каждая операция выполняется на специальном оборудовании с достаточно полной загрузкой. Труд бригадирный с полной взаимозаменяемостью.

2.2. Детали доставляют на участок автомобильным транспортом из литейного цеха 1 раз в смену. В контейнерах привозят и разгружают на складе кран - балкой. Затем контейнеры доставляют к месту укладки. После укладки поддоны с помощью кран - балки, устанавливают на порог печи, затем продвигают поддон в пространство печи, с помощью кочерги. После нагрева и выдержки поддоны выдвигаются из печи и кран - балкой транспортируется к закалочному масляному баку. Аналогично осуществляется отпуск в отпускных печах. После отпуска предусмотрена разборка садки и замер твердости. После, готовые детали, транспортируется на склад готовой продукции. Вывоз осуществляется одновременно с доставкой.

2.3. Выбор и обоснование сменности на участке: на участке принимается трех - сменный график, т.к. а) время нагрева и выдержки <1,5 часов

б) печи небольшие и разогрев непродолжителен

в) цех работает в три смены, т.к. остановки на ночь не экономичны

Трех - сменный график, предусматривает наличие трех бригад, работающих по неделе в каждой смене с общими выходными днями, затем бригады сменами меняют.

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА**

Необходимая часть организации труда - организация рабочих мест. Рабочее место - это первичное звено производства, зона трудовой деятельности рабочего или группы рабочих (если рабочее место коллективное), оснащенная необходимыми средствами для выполнения производственного задания. Под организацией рабочего места понимается система его оснащения и планировки, подчиненная целям производства. Эти решения, в свою очередь, зависят от характера и специализации рабочего места, от его вида и роли в производственном процессе. В зависимости от специфики производства рабочие места могут быть:

- специализированными и универсальными,
- индивидуальными и коллективными,
- стационарными и подвижными,
- одностаночными и многостаночными,
- постоянными и временными,
- а также рабочими местами ручной работы, механизированными, автоматизированными, аппаратными, рабочими местами служащих и др.

Оснащение рабочего места складывается из совокупности средств, необходимых для осуществления производственного процесса.

К ним относятся:

- основное технологическое и вспомогательное оборудование (печи и баки, кран - балки);
- технологическая оснастка - рабочий и мерительный инструмент, приспособления, запасные части (корзинка, кочерга, прибор для измерения твердости типа ТК);
- организационная оснастка - средства связи и сигнализации, рабочая мебель, тара; рабочая документация;
- средства коммуникации для подачи на рабочее место сырья, материалов, энергии;
- хозяйственный инвентарь для поддержания чистоты и порядка и др.

Полное и комплектное оснащение рабочего места позволяет наилучшим образом организовать процесс труда. Для этого необходима рациональная планировка средств оснащения - размещение их на рабочем месте так, чтобы обеспечивалось удобство их обслуживания; свободный доступ к механизмам и их отдельным узлам, требующим регулирования и контроля, экономия движений и перемещений работника, удобная рабочая поза, хороший обзор рабочей зоны, безопасность труда, экономия производственной площади, наличие проходов, подъездов и проездов для транспортных средств, взаимосвязь со смежными рабочими местами и с местом бригадира, мастера, другого руководителя.

Детали принимаются и сдаются один раз в сутки.

Термист - это работник, который работает с оборудованием для термической обработки (печи, ванны и т. д.) для улучшения физических и химических свойств металлических предметов с помощью затвердевания, отпускания, отжига и других процессов.

Рабочее окружение термистов очень горячее, что может вызвать ожоги и различные проблемы со здоровьем.

При термической обработке выпускаются токсичные газы и пары, и их уровень может стать опасным для здоровья работников.

Термисты часто передвигают тяжелые грузы и выполняют постоянные повторяющиеся движения. Это может вызвать травмы и, с течением времени, боли в спине и руках. Чтобы предотвратить возникновение несчастных случаев, травм и обеспечить безопасность на рабочем месте, на участке разработаны следующие меры безопасности:

- применяется специальная обувь с нескользкими подошвами;

установлена эффективная выхлопная вентиляция, чтобы предотвратить загрязнение воздуха; при необходимости добавлена местная выхлопная вентиляция;

- регулярно ремонтируются печи, чтобы избежать выпуска опасных газов в зону дыхания

- используются асбестовые или другие жароустойчивые перчатки для обращения с горячими частями
- носится соответствующая защита для глаз, чтобы избежать попадания брызг расплавленных солей в глаза;
- проводятся периодические медосмотры и тесты на опасные металлы, с которыми контактируются рабочие
- изучаются и используются безопасные техники подъема и передвижения тяжелых или неудобных грузов; при подъеме вспомогательные механические приспособления.

Таблица №4.

Показатели условий труда и зона их физиологической гарантии

Факторы и показатели условий труда	Зона высшего комфорта	Комфортная зона	Некомфортная зона/ Психофизиологическая гарантия
Шум в децибелах	20	30	120
Вибрация /амплитуда/ в мм	0	0	1,8
Температура в градусах	20	18	38
Относительная влажность в %	60	50-70	85
Освещение в люксах	200	100	30
Концентрация CO %	Нет	Нет	0,03
Концентрация CO <sub>2</sub> в %	Нет	Нет	10
Концентрация пыли SiO <sub>2</sub> мг/м <sup>3</sup>	Нет	Нет	2
Концентрация пыли обычной мг/м <sup>3</sup>	Нет	0,2	5
Концентрация аэрозоли мг/м <sup>3</sup>	Нет	Нет	0,2
Наклон тела человека	Естественный	Естественный	20"
Загроможденность проходов	Нет	Нет	Загром.
Подъем тяжестей человеком в кг	Нет	4	50
Концентрация углеводорода в %	Нет	Нет	0,3
Состояние остекления по коэффициенту поглощения %	0	10	30
Цвет стен, потолков и оборудования	По требованию эстетики	По требованию эстетики	Очень грязные

## 4 РАСЧЕТ ШТУЧНОЙ НОРМЫ ВРЕМЕНИ

формула

Где:  $T_{шт}$  — штучное время

$T_{оп}$  - оперативное время на 1 садку

Расчет  $T_{шт}$  также производится для каждой операции в отдельности.

$T_o$  - основное (технологическое) время на садку

$T_{вн}$  - вспомогательное неперекрываемое время на садку - количество деталей в садке

$N_d$  - количество агрегатов, обслуживаемых одновременно

$K_a$  - коэффициент увеличения оперативного времени вследствие совпадения окончания работы на одном из агрегатов с ручной работой на других агрегатах в условиях многоагрегатного обслуживания.

Для того, чтобы узнать  $T_{оп}$  составляется таблица по каждой операции отдельно.

Расчет  $T_{шт}$  также производится для каждой операции в отдельности.

Закалка

Таблица №5.

Расчет  $T_{оп}$  на закалку

№ карты	№ позиции	Наименование приема	Факторы продолжительности и	Время, мин		
				$T_{вн}$	$T_{вп}$	$T_o$
		1 .Доставка деталей со склада к месту укладки	Б=15м, тележка			
60	10	1.1 Затропить растропить	2 троса		0,23	
59	6	1.2 Перевести, опустить.	L=15м H=4м		1,79	
		2.Уложить детали на поддон	2 поддона По 36 деталей		1,02	
		3.Загрузка садки в печь				
42	2 и4	3.1 Приемы с печью	Камерная печь, кнопочное управление	0,16		
60	10	3.2 Затропить, растропить	2 троса	0,23		
59	6	3.3Поднять, перенести, опустить	Кран балка 500кг Б=10м H=3м	1,28		

35	2	3.4 продвинуть в печь	Мсад = 20 кг	0,08		
По тех. процессу		4. нагрев и выдержка				68
		5. выгрузка садки из печи				
№ карты	№ позиции	Наименование приема	Факторы продолжительности	Время, мин		
				T <sub>вн</sub>	T <sub>вп</sub>	T <sub>о</sub>
42	2 и 4	5.1. Приемы с печью	Печь камерная, управление кнопочное	0,16		
60	10	5.2. Застропить растропить	Детали горячие, 2 троса	0,39		
35	2	Поднять, перенести, опустить в бак	L= 6м, Ноп = 3м	1,08		
ИТОГО:				3,48	3,04	68

$$T_{\text{осн}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}}$$

где:  $\tau_{\text{н}}$  - время нагрева;  $\tau_{\text{в}}$  - время выдержки.

$$K_3 = T_3 / T_{\text{оп}}$$

$$T_3 = T_{\text{вп}} + T_{\text{вн}} + T_{\text{акт}}$$

Где:  $T_3$  - время занятости рабочего, мин;

$T_{\text{вп}}$  - время вспомогательное перекрываемое, мин;

$T_{\text{акт}}$  - время активного наблюдения за работой агрегата, мин;

$$T_{\text{акт}} = T_0 \times (6/100)$$

$$T_{\text{оп}} = 68 + 3,04 = 71,48 \text{ мин}$$

$$T_{\text{акт}} = 68 \times (6\%/100) = 4,08 \text{ мин}$$

$$T_3 = 3,04 + 3,48 + 4,08 = 10,6 \text{ мин}$$

$$K_3 =$$

$$K_c =$$

$$A_{\text{пз}} =$$

$$T_{\text{шт.зак.}} =$$

## Отпуск

Таблица №6.

## Расчет Топ на отпуск

№ кар-ты	№ позиции	Наименование приема	Факторы продолжительности	Время, мин		
				Твн	Твп	То
		1. Выгрузка из масляного бака и загрузка в отпускную печь				
42	2 и 4	1.1. Приемы с печью		0,16		
60	10	1.2. Застропить растропить	2 троса	0,23		
59	6	1.3 Транспортировка	L=10м H=3м	1,28	59	6
35	2	1.4 Задвинуть поддоны в печь	M <sub>сад</sub> =20кГ	<b>0,08</b>	35	2
По тех. процессу		2. Нагрев и выдержка				92
		3. Выгрузка садки и загрузка в масляный бак				
42	2и4	3.1 Приемы с печью		0,16		
60	10	3.2 Затропить, растропить	2 троса	0,23		
35	2	3.3 Выдвинуть поддоны	M <sub>сад</sub> =20кг Кран - балка	0,1		
59	6	3.4 Траспортировка	L=6м, H=3м	1,08		
		4. Выгрузка из масляного бака и траспортировка к месту укладки.				
60	10	4.1 Затропить, растропить	2 троса		0,23	
35	2	4.2 Поднять, перенести, опустить	L=10м, H=4м		1,74	
12	11	5. Разборка садки	2 поддона по 36 деталей		1,02	
55	1	6. Замер твердости	Пресс Бринелля		0,17	
		7. Транспортировка ящиков с деталями на склад готовой продукции				

60	10	7.1 Затропить, растропить	2 троса		0,23	
№ кар- ты	№ пози- ции	Наименование приема	Факторы продолжительно- сти	Время, мин		
				Твн	Твп	То
35	2	7.2 Перевезти	Б=10м, Н=4м		1,79	
Итого:				3,32	5,18	92

Расчет :

## 5. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ

Необходимое количество оборудования каждого типа рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{расч}} = E / \Phi_{\text{д}}$$

Где: E - потребное время работы оборудования, ч;

$\Phi_{\text{д}}$  - действительный фонд времени, представляет собой календарный фонд времени, уменьшенный на время остановок в выходные, праздничные дни, междуменные перерывы и плановые работы.

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{реж}} \times K_{\text{р}}$$

$K_{\text{р}}$  - коэффициент, учитывающий потери по ремонту. В зависящий от сменности,

$B_{\text{Ср}}$  - коэффициент, учитывающий потери по ремонту. В зависимости от смежности оборудования он принимается равным 0,94...0,9.

Для непрерывного графика:

$$\Phi_{\text{реж}} = 365 \times 24$$

Для универсального оборудования садового типа:

$$E = T_{\text{оп}} \times M$$

M – количество садок в годовой программе;

$$M = Q_{\text{г}} / N_{\text{с}}$$

$Q_{\text{г}}$  - годовая программа, шт;

$N_{\text{с}}$  - количество изделий в одной садке;

коэффициент загрузки печи:

$$K_{\text{а}} = P_{\text{расч}} / P_{\text{прич}} \times 100\%$$

**Закалка:**

Печь:

$$\Phi_{\text{реж}} =$$

$$\Phi_{\text{д}} =$$

$M =$   
 $E =$   
 $\Pi_{рас} =$   
 $K_a =$

Бак:

$B_{расч} =$

$K_a =$

Отпуск:

Печь:

$E =$   
 $\Pi_{рас} =$   
 $K_a =$

Таблица №7.

Сводная ведомость состава и стоимости оборудования проектируемого участка

Наименование оборудования	количество штук	производственно – технические характеристики					прейскурантная цена (тыс.руб)
		тип	Т °С, до	кВт.	Габаритные размеры L,В,Н	Размеры рабочего пространства	
Печь закалочная							50
Печь отпускная							40
Бак ???							10

## 6. РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОЧИХ

Расчет численности работающих производится по категориям промышленно-производственного персонала:

- 1) Рабочие:
- 2) ИТР

Расчет численности рабочих производится применительно к списочному составу и определяется следующими методами:

- 1) по трудоемкости
- 2) по нормам обслуживания
- 3) по рабочим местам

При обработке изделия на универсальном оборудовании садового типа численность рабочих рассчитывается по трудоемкости годового объема производства.

Где: Рсп - списочное число рабочих;

$T_{шт}$  - норма штучного времени, мин;

$\Phi_{и}$  - используемый (действительный) годовой фонд времени рабочего, ч.;

В условиях механизированного и автоматизированного производства расчет производственных рабочих может быть произведен по рабочим местам, исходя из количества единиц принятого оборудования.

Используемый фонд времени рабочего определяется путем составления баланса рабочего времени (таблица 8) одного рабочего в год (в среднем) исходя из установленной законодательством продолжительности рабочей недели.

Таблица №8.

Баланс рабочего времени на год.

Состав фонда времени рабочего	Дни	Часы	В % к номинальному фонду времени
1. Календарный фонд времени			
2. Праздники и выходные дни			
3. Номинальный фонд рабочего времени, в том числе:			
- по 8 часов			
- по 7 часов			
4. Целодневные потери рабочего времени, в том числе:			
- очередные отпуска			
- отпуска по беременности и родам			
- по болезни			
- выполнение государственных обязанностей			
5. Явочное время			
6. Внутрисменные потери рабочего времени, в том числе:			
-сокращенный рабочий день для подростка - выполнение государственных и общественных обя-			
7. Используемый фонд рабочего времени			

В таблице:

- пункт 5 определяется по формуле: пункт 3 - пункт 4
- пункт 7 определяется по формуле: пункт 5 - пункт 6

В термических цехах численность термистов устанавливают по нормам обслуживания. Норма на обслуживание =  $P_{яв.смену}$  - Определяется по занятости рабочих.

$$\sum K_{зан} = K_{зан.зак} \times P_{зак} + K_{зан.отп.} \times P_{отп}$$

Если:

$$\sum K_{зан} \leq 0,5, \text{ то}$$

Р<sub>яв</sub> = 1 чел. в смену,

$0,5 \leq \sum K_{зан} \leq 1$ , то Р<sub>яв</sub> = 2 чел.в смену,

$\sum K_{зан} \geq 1$ , то Р<sub>яв</sub> = 3 чел.в смену,

и т.д.

$$P_{сп} = P_{яв} \times N_{бр} + P_{подм}$$

N<sub>бр</sub> - количество бригад в зависимости от сменности;

P<sub>подм</sub> - принятое количество подменных рабочих;

Количество вспомогательных рабочих принимаем в зависимости от производственной необходимости; ИТР – 10...12% от основных рабочих

Расчет:

Таблица №9

#### Списочный состав рабочих

Состав рабочих	Всего	В том числе			
		1 бригада	2 бригада	3 бригада	4 бригада
Основные производственные рабочие					
Мастера					
Всего					

### 7. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

Преобладающей формой оплаты труда рабочих в термических цехах является повременнопремиальная система.

В состав годового фонда заработной платы входит основная заработная плата и дополнительная:

$$Z_{год} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

К основной заработной плате относятся:

- 1) оплата труда по тарифной ставке;

- 2) премии из фонда заработной платы;
- 3) доплаты за работу в праздничные дни;
- 4) доплаты за работу в ночное и вечернее время;
- 5) доплаты за руководство бригадой;

$$\text{Зосн} = \text{Зтар} + \text{Пр} + \text{Дночн} + \text{Д празд} + \text{Д бриг}$$

К дополнительной зарплате относятся выплаты, которые не представляют собой оплату за выполненные работы, а производятся согласно действующему законоположению. К ним относятся: оплата очередных отпусков и оплата времени, затраченного на выполнение государственных и общественных обязанностей.

Расчет фондов заработной платы производится в следующей последовательности:

- 1) основная зарплата основных производственных рабочих;
- 2) основная зарплата вспомогательных рабочих;
- 3) зарплата ИТР и МОП;
- 4) дополнительная зарплата по всем категориям работающих;
- 5) начисления на зарплату;

7.1. Основная зарплата основных производственных рабочих производится по формуле:

$$\text{Зосн} = \text{Зтар} + \text{Пр} + \text{Дночн} + \text{Д празд} + \text{Д бриг}$$

7.1.1. Расчет годового фонда заработной платы основных производственных рабочих по тарифу производится следующим образом:

сначала подсчитывают число рабочих, приведенное к первому разряду, как сумма отдельных произведений числа рабочих каждого разряда на соответствующий тарифный коэффициент. Затем условное число рабочих, приведенное к первому разряду, умножается на используемый годовой фонд времени рабочего в часах и часовую ставку 1-го разряда, что может быть выражено формулой:

$$\text{Зтар} = \Sigma(\text{Р} \times \text{Тк}) \times \text{Фн} \times \text{Сч1}$$

Зтар - годовой фонд основной заработной платы основных рабочих по тарифу;

$\Sigma(\text{Р} \times \text{Тк})$  произведение числа рабочих каждого разряда на соответствующий тарифный коэффициент;

$\text{Фн}$  - годовой используемый фонд времени рабочего, чел.-ч;

$\text{Сч1}$  - часовая тарифная ставка 1-го разряда, руб.

7.1.2 Процент премии принимаем равным 40%. Сумма премии рассчитывается следующим образом:

$$\text{Пр} = \text{Зтар} \times (40/100)$$

7.1.3. Доплаты за работу в ночное время (с 22<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup>) = 40% и вечернее время (с 16<sup>00</sup> до 22<sup>00</sup>) = 20% рассчитываются по формуле:

$$\text{Дноч} = \text{Рсм} \times \text{Сч1} \times \text{Тксер} \times (\text{Твг} \times 0,2 + \text{Тнг} \times 0,4)$$

$\text{Рсм}$  - число рабочих в смену;

$\text{Тксер}$  - средний тарифный коэффициент;

$\text{Тцг}$  - количество ночных часов в году;

Твг - количество вечерних часов в году;

7.1.4. Оплата за праздничные дни производится по двойным тарифным ставкам, поэтому доплата за праздничные дни при непрерывном графике рассчитывается по формуле:

$$Дпр = Рсм \times Сч1 \times Тксп \times Тпр$$

Тпр - количество праздничных часов

7.1.5. Доплата за бригадирство устанавливается в случае необходимости, которую следует обосновать

$$Дбр = Счм \times Б \times \Phiи \times 0,1$$

Б - число неосвобожденных бригадиров на участках;  
С<sub>чм</sub> - часовая тарифная ставка максимального разряда;

7.2. Аналогично рассчитывается основная зарплата вспомогательных рабочих.

7.3. Зарплата ИТР и служащих рассчитывается исходя из месячных окладов.

Формула

Смес - месячная ставка

В проекте следует выделить основную и дополнительную зарплату ИТР следующим образом:

$$Зосн = Згод \times \Phiпол / \Phiном$$

Φном и Φпол приняты по балансу рабочего времени

$$Здоп = Згод - Зосн$$

7.4. Дополнительная зарплата начисляется из расчета 10% от основной зарплате.

7.5. Сумма начислений на зарплату определяется из расчета 40% от основной и дополнительной зарплате всех категорий работающих .

Основные производственные рабочие:

## Библиографический список

1. О.Н.Моисеев, А.Ю.Шевырев, «Расчет режимов технологического процесса термической обработки деталей», Методическое указание к расчетной работе, Москва, Берлин, 2015 г.
2. В.В.Овчинников, «Металловедение», Москва. ИД «ФОРУМ» - ИНФРА-М, 2020 г.
3. В.В.Овчинников, «Технология термической обработки», Москва, ИД «ФОРУМ» - ИНФРА-М, 2020 г.
4. В.М.Зуев. «Термическая Обработка металлов», третье издание, Москва, «Высшая школа», 1986г.
5. И.В.Фиргер. «Термическая обработка сплавов», Ленинград, «Машиностроение» 1982 г.
6. В.Г.Сорокина, «Марочник сталей и сплавов», Москва, МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1989 г.
7. С.А.Филинов, И.В.Фиргер. «Справочник термиста», третье издание, издательство «Машиностроение», Ленинград 1969 г.
8. В.С.Мастрюков. «Теория, конструкции и расчеты металлургических печей», том 2, Москва, «Металлургия», 1978 г.
9. А.А. Попов, Л.Е. Попова, Справочник термиста, МАШГИЗ, Москва, 1961
10. ГОСТ 4543-71 «Прокат из легированной конструкционной стали»
11. ГОСТ 8479-70 «Поковки из конструкционной углеродистой и конструкционной стали. Общие технические условия».

САНКТ- ПЕТЕРБУРГСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«АКАДЕМИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Председатель УЦК**

**С.В. Чекмаров**

\_\_\_\_\_ 20 20

**ЗАДАНИЕ**

на выпускную квалификационную работу	<b>Специальность 22.02.04 Металловедение и термическая обработка металлов</b>	
студенту	4 курса	492 МТО
специальность 22.02.04 Металловедение и термическая обработка металлов		
<b>Вписать свои ФИО полностью</b>		
тема проекта	Разработка проекта термического участка	

Выпускная квалификационная работа на указанную тему выполняется студентом ОУ в следующем объеме:

1. Пояснительная записка

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	
<b>РАЗДЕЛ 1</b>	<b>ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ</b>
1.1	Перспективы развития металлургии
1.2	Место термической обработки в современном производстве
1.3	Режимы предварительной и окончательной термической обработки поковок
1.4	Влияние легирующих элементов на свойства конструкционных сталей
<b>РАЗДЕЛ 2</b>	<b>ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ТЕРМИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ</b>
<b>РАЗДЕЛ 3</b>	<b>РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА</b>
3.1	Описание изделия, условия поставки
3.2	Выбор и обоснование марки стали для изготовления изделия
3.3	Разработка технологического маршрута изготовления изделия
3.4	Разработка технологического процесса термической обработки изделия
3.4.1	Выбор и обоснование режимов термической обработки
3.4.2	Назначение температуры нагрева под закалку/нормализацию и отпуск
3.4.3	Определение критерия БИО (Bi)
3.4.4	Определение времени нагрева заготовок

3.4.5	Определение длительности выдержки
3.4.6	Расчет критической скорости охлаждения при закалке и назначение среды охлаждения
3.4.7	Определение времени охлаждения при отпуске
3.5	Выбор технологического оборудования
3.6.	Контроль качества термической обработки
3.7.	Экономическая часть
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
	ПРИЛОЖЕНИЕ

## 2. Графическая часть проекта

1. Чертеж изделия
2. Технологическая карта
3.- Проект термического участка
Вариант №

Дата выдачи	00. 00.2020
Срок окончания	00.00 2020
Зав. отделением	И.В. Плотникова
Преподаватель	Е.В. Ладанова

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

тема	Разработка проекта термического участка
специальность	22.02.04 Металловедение и термическая обработка металлов
студент	Вписать ФИО полностью ( )
преподаватель	Ладанова Елена Владимировна ( )
преподаватель	Айдарова Юлия Вячеславовна ( )

Санкт-Петербург, 2020

### Технологическая карта термообработки.

Эскиз детали	Марка стали	Химический состав, %	Масса	Механические свойства

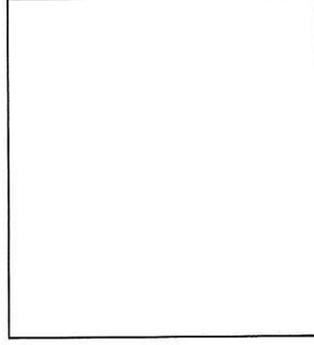
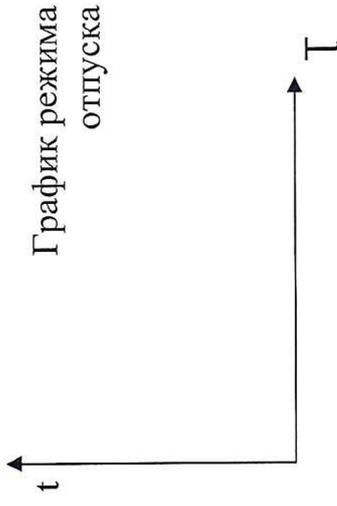
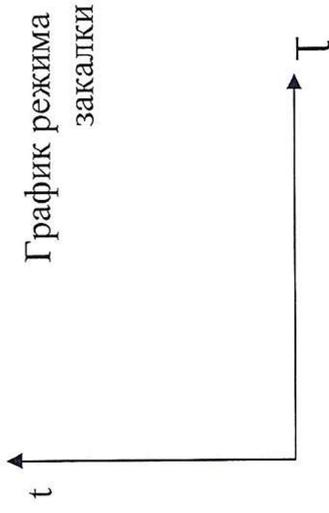


Диаграмма изотермического распада аустенита

№ п/п	Наименование операции	$t^{\circ}\text{C}$ нагрева	Время нагрева и выдержки, мин.	Время охлаждения, мин., среда охлаждения	Оборудование	Примечание