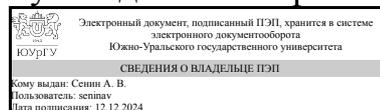


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



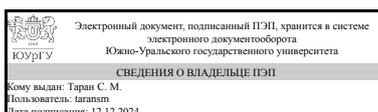
А. В. Сенин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.02 Фазовые и структурные превращения в металлических и оксидных материалах**  
**для направления 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**  
**уровень Магистратура**  
**форма обучения очная**  
**кафедра-разработчик** Передовая инженерная школа двигателестроения и специальной техники "Сердце Урала"

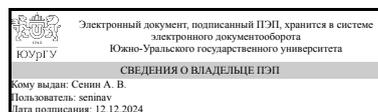
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утверждённым приказом Минобрнауки от 24.04.2018 № 306

Директор



С. М. Таран

Разработчик программы,  
к.хим.н., доц., доцент



А. В. Сенин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Подробно познакомить студентов с основными видами фазовых и структурных превращениях в материалах, с их структурными и кинетическими закономерностями, методами их количественного прогнозирования.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя описание ряда наиболее важных превращений в материалах (диффузионный и бездиффузионный рост фаз, коалесценцию, эвтектоидный распад, мартенситное превращение и т.п.).

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен разрабатывать новые конструкционные и функциональные материалы для продукции высокотехнологичных производств	Знает: механизмы, кинетические закономерности и модели фазовых и структурных превращений в металлических материалах, включая превращения при закалке и отпуске сталей Умеет: анализировать факторы, определяющие структуру и свойства материалов после различных видов термической обработки Имеет практический опыт: использования математических моделей для предсказания структуры и механических свойств материалов после различных видов термической обработки
ПК-3 Способен разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов	Знает: превращения в оксидных и металлических материалах Умеет: связывать состав и структуру материалов с физическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.03 Прикладная термодинамика и кинетика, 1.Ф.07 Современные методы исследования структуры материалов	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.Ф.03 Прикладная термодинамика и кинетика	Знает: методы термодинамического анализа процессов фазообразования в многокомпонентных системах Умеет: Имеет практический опыт:
1.Ф.07 Современные методы исследования	Знает: приборную базу, возможности и методы

структуры материалов	оптической, зондовой, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии Умеет: использовать методы исследования структуры для оценки качества термической обработки изделий, выполнять структурные исследования с использованием оптической и сканирующей электронной микроскопии Имеет практический опыт: подготовки образцов для структурных исследований, работы на оптическом и сканирующем электронном микроскопе
----------------------	--

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 78,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	4
Общая трудоёмкость дисциплины	144	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	68	32	36
Лекции (Л)	28	16	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	16	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	65,25	35,75	29,5
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	45,25	27,75	17,5
Подготовка к экзамену	12	0	12
Подготовка к зачёту	8	8	0
Консультации и промежуточная аттестация	10,75	4,25	6,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Общие сведения о фазовых и структурных превращениях	6	2	4	0
2	Диффузионный распад переохлаждённого аустенита сталей	16	4	12	0
3	Мартенситные и бейнитные превращения	18	10	8	0
4	Отпуск мартенсита	8	4	4	0
5	Превращения в сталях при нагреве	8	4	4	0
6	Практика термической обработки сталей	12	4	8	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Общие сведения о фазовых и структурных превращениях.	2
2	2	Механизмы диффузионного распада переохлаждённого аустенита	2
3	2	Кинетические закономерности диффузионного распада аустенита.	2
4	3	Механизм и основные особенности мартенситных превращений.	2
5	3	Кристаллогеометрия мартенситного превращения.	2
6	3	Морфологии мартенсита в сплавах железа.	2
7	3	Влияние пластической деформации на мартенситные превращения.	2
8	3	Бейнитное превращение	2
9	4	Фазовые и структурные превращения при отпуске мартенсита сталей. Их влияние на механические свойства.	4
10	5	Последовательность процессов при аустенитизации. Рост зерна аустенита. Структурная наследственность.	4
11	6	Отжиг сталей. Закалка сталей. Закаливаемость и прокаливаемость.	2
12	6	Дефекты легированных сталей.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Критические точки сталей. Классификация легирующих элементов. Фазы в легированных сталях (альфа- и гамма-твёрдые растворы, карбиды, интерметаллиды).	2
2	1	Методы экспериментального изучения фазовых и структурных превращений. Изотермические и термокинетические диаграммы превращений.	2
3	2	Влияние температуры превращения на состав фаз и структуру перлита. Изменение структуры перлита при нагреве ниже $A_{c1}$ .	2
4	2	Особенности диффузионного распада в до- и заэвтектоидных сталях. Влияние ЛЭ, размера зерна и пластической деформации на диффузионный распад. Механические свойства продуктов диффузионного распада аустенита.	4
5	2	Уравнение Аврами и методы нахождения его коэффициентов. Исчерпание мест зарождения. Скорость бездиффузионного и диффузионного роста фазы. Скорость роста эвтектоидных колоний. Скорость зарождения (гомогенного и гетерогенного). Природа С-образного характера кинетики. Связь кинетики превращения в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении.	6
6	3	Мартенситные кривые. Формула Койстинена – Марбургера. Термодинамика МП. Прямое и обратное МП.	2
7	3	Автокатализ и причины остановки МП. Термоупругое равновесие. Влияние хим. состава аустенита и размера зерна на МП.	2
8	3	Механические свойства мартенсита. Термическая стабилизация аустенита. Разновидности кинетики МП.	2
9	3	Схема Олсона – Коэна. Трип-эффект. Сверхупругость и память формы.	2
10	4	Превращения при отпуске. Эволюция карбидной фазы при отпуске. Изменение механических свойств при отпуске.	2
11	4	Влияние ЛЭ на процессы отпуска. Вторичное твердение и вторичная закалка. Отпускная хрупкость.	2
12	5	Влияние скорости нагрева на образование аустенита. Влияние частиц второй фазы и ЛЭ на рост зерна аустенита.	4

13	6	Виды отжига I и II рода до- и заэвтектоидных сталей. Температуры нагрева при отжиге и закалке. Выбор охлаждающей среды при закалке.	2
14	6	Методы экспериментальной и расчётной оценки прокаливаемости сталей.	2
15	6	Внутренние напряжения при закалке. Способы закалки. Виды отпуска закалённых сталей.	2
16	6	Противофлокенная обработка сталей.	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	Попов А.А. Фазовые и структурные превращения в металлических сплавах. - УрФУ, 2018.	4	17,5
Подготовка к экзамену	Попов А.А. Фазовые и структурные превращения в металлических сплавах. - УрФУ, 2018.	4	12
Подготовка к зачёту	Попов А.А. Фазовые и структурные превращения в металлических сплавах. - УрФУ, 2018.	3	8
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	Попов А.А. Фазовые и структурные превращения в металлических сплавах. - УрФУ, 2018.	3	27,75

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Входной контроль знаний	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от	зачет

						1 до 5; оценки суммируются.	
2	3	Текущий контроль	Основные закономерности фазовых и структурных превращений	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	зачет
3	3	Текущий контроль	Диффузионный распад аустенита	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	зачет
4	3	Текущий контроль	Мартенситные превращения (часть 1)	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	зачет
5	3	Промежуточная аттестация	Зачёт	-	100	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Если студент имеет текущий рейтинг ниже 60 % или студент хочет повысить свой рейтинг, то он отвечает на вопросы билета на зачёте. В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 20; оценки суммируются. Порядок начисления баллов на зачёте: оценка "зачтено" - текущий рейтинг студента	зачет

						60-100 %, оценка "не зачтено" - менее 60 %.	
6	4	Текущий контроль	Мартенситные превращения (часть 2)	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	экзамен
7	4	Текущий контроль	Отпуск	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	экзамен
8	4	Текущий контроль	Превращения при нагреве стали	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	экзамен
9	4	Текущий контроль	Практика термообработки сталей	1	25	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 5; оценки суммируются.	экзамен
10	4	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	100	При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). На экзамене происходит оценивание учебной	экзамен

					<p>деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Если студент имеет текущий рейтинг ниже 60 % или студент хочет повысить свой рейтинг, то он отвечает на вопросы билета на экзамене. В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 20; оценки суммируются. Порядок начисления баллов на экзамене: оценка "отлично" - текущий рейтинг студента 85-100 %, оценка "хорошо" - 75-84 %, оценка "удовлетворительно" - 60-74 %, оценка "неудовлетворительно" - менее 60 %.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Если студент имеет текущий рейтинг ниже 60 % или студент хочет повысить свой рейтинг, то он отвечает на вопросы билета на зачёте. В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 20; оценки суммируются. Порядок начисления баллов на зачёте: оценка "зачтено" - текущий рейтинг студента 60-100 %, оценка "не зачтено" - менее 60 %.</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>
экзамен	<p>При оценивании результатов мероприятия (промежуточной аттестации) используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. и № 25-13/09 от 10.03.2022). На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Если студент имеет текущий рейтинг ниже 60 % или студент хочет повысить свой рейтинг, то он отвечает на вопросы билета на экзамене. В билете содержится 5 вопросов (задач). За каждый вопрос выставляется оценка от 1 до 20; оценки суммируются. Порядок начисления баллов на экзамене: оценка "отлично" - текущий рейтинг студента 85-100 %, оценка "хорошо" - 75-84 %, оценка "удовлетворительно" - 60-74 %, оценка "неудовлетворительно" - менее 60 %.</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
ПК-1	Знает: механизмы, кинетические закономерности и модели фазовых и структурных превращений в металлических материалах, включая превращения при закалке и отпуске сталей	+	+																	
ПК-1	Умеет: анализировать факторы, определяющие структуру и свойства материалов после различных видов термической обработки				+		+													
ПК-1	Имеет практический опыт: использования математических моделей для предсказания структуры и механических свойств материалов после различных видов термической обработки				+															
ПК-3	Знает: превращения в оксидных и металлических материалах	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Умеет: связывать состав и структуру материалов с физическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Плошкин, В. В. *Материаловедение [Текст] учеб. пособие для немашиностр. специальностей вузов* В. В. Плошкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2011. - 463 с. ил., табл. 21 см
2. *Материаловедение и технология материалов [Текст] Ч. 1 учебник для вузов по инж.-техн. направлениям : в 2 ч.* Г. П. Фетисов и др.; под ред. Г. П. Фетисова. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2016. - 383, [1] с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Блантер, М. Е. *Теория термической обработки* Учеб. для вузов по спец. "Металловедение, оборудование и технология терм. обраб. металлов". - М.: Металлургия, 1984. - 328 с. ил.
2. *Металловедение и термическая обработка стали [Текст] Т. 2 в 2 кн. Основы термической обработки* Кн. 1 справочник : в 3 т. М. Л. Бернштейн, Б. С. Бокштейн, С. З. Бокштейн и др.; под ред. М. Л. Бернштейна, А. Г. Рахштадта. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1995. - 334, [1] с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. *Металловедение и термическая обработка металлов* науч.-техн. и произв. журн. Ред. журн. журнал. - М.: Машиностроение, 1955-
2. *Физика металлов и материаловедение* науч.-техн. журн. Рос. акад. наук, Отд-ние общ. физики и астрономии, Урал. отд-ние РАН журнал. - Екатеринбург, 1955-
3. *Материаловедение* науч.-техн. журн. ООО "Наука и технологии" журнал. - М., 1997-

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Окишев К.Ю. *Задачи по кристаллохимии и дефектам кристаллического строения: Учебное пособие.* — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2013. — 32 с.

2. Окишев К.Ю. Кинетика фазовых превращений в металлах и сплавах. Часть 1. Формальная кинетика изотермического превращения: Учебное пособие. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2019. — 36 с.

3. Окишев К.Ю., Мирзаев Д.А. Специальные стали: Учебное пособие. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2013. — 36 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Окишев К.Ю., Мирзаев Д.А. Специальные стали: Учебное пособие. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2013. — 36 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Федотов А.К. Физическое материаловедение. В 3 ч. Ч. 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах. — Мн.: Вышэйшая школа, 2012. — 446 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/65429">https://e.lanbook.com/book/65429</a>
2	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Белов Н.А., Самошина М.Е. Фазовые превращения в многокомпонентных системах: практикум. — М.: МИСиС, 2015. — 63 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/69748">https://e.lanbook.com/book/69748</a>
3	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронный каталог ЮУрГУ	Окишев К.Ю., Мирзаев Д.А. Специальные стали: Учебное пособие. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2013. — 36 с. <a href="http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000530971">http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000530971</a>
4	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лободюк В.А., Эстрин Э.И. Мартенситные превращения. — М.: Физматлит, 2009. — 352 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/2676">https://e.lanbook.com/book/2676</a>
5	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронный каталог ЮУрГУ	Мирзаев Д.А., Окишев К.Ю. Основы теории дефектов, прочности и пластичности кристаллов: Учебное пособие. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2013. — 336 с. <a href="http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD1&amp;key=000545816">http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD1&amp;key=000545816</a>
6	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Попов А.А. Фазовые и структурные превращения в металлических сплавах. - УрФУ, 2018. <a href="https://e.lanbook.com/book/170184">https://e.lanbook.com/book/170184</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru>)(бессрочно)
4. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	302а (1)	Аудитория, оснащённая мультимедийным проектором.
Практические занятия и семинары	302а (1)	Аудитория, оснащённая мультимедийным проектором.
Контроль самостоятельной работы	302а (1)	Аудитория, оснащённая мультимедийным проектором.
Практические занятия и семинары	101(АТ) (Т.к.)	Компьютер с предустановленным программным обеспечением Интерактивный комплекс опережающей подготовки "Эксплуатационные материалы и сопряжения транспортных машин".
Зачет	302а (1)	Аудитория, оснащённая мультимедийным проектором.
Самостоятельная работа студента	403 (3д)	Библиотечный зал, оборудованный индивидуальными рабочими местами.