

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физико-химические процессы в литейном производстве
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: Машиностроение (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование комплекса знаний, умений и навыков в области изучения параметров процессов изготовления форм и взаимодействия расплава металла с литейной формой.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- процессы изготовления форм, применяемые в современном машиностроении для изготовления литых заготовок

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает принципы подготовки информационных обзоров, заключений на техническую документацию по принципам формирования свойств отливок	Знает принципы подготовки информационных обзоров, рецензий, отзывов, заключений на техническую документацию	Дифференцированный зачет
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет проводить работы по формированию элементов технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ в области изготовления литых заготовок	Умеет проводить работы по формированию элементов технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ	Дифференцированный зачет
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками разработки проектов и программ проведения работ по формированию свойств отливок на этапах подготовки расплава и заливки литейной формы с последующей кристаллизацией металла	Владеет навыками разработки проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает методики проектирования технологических процессов литья и основные принципы и способы управления процессами формирования свойств отливок на этапах подготовки расплава и заливки литейной формы с последующей кристаллизацией металла; влияние взаимодействий между отливкой и формой на качество литой поверхности.	Знает методики проектирования технологических процессов изготовления изделий соответствующей отрасли машиностроения и принципы работы систем автоматизированного технологического проектирования	Дифференцированный зачет
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет составлять программы и методики испытаний изделий на разных этапах технологического процесса и использовать в работе средства автоматизации технологического проектирования, применяемые в организации	Умеет составлять программы и методики испытаний изделий на разных этапах технологического процесса и использовать в работе средства автоматизации технологического проектирования, применяемые в организации	Дифференцированный зачет
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками анализа результатов контроля и испытаний и разработки предложений по совершенствованию технологических процессов формирования свойств отливок на этапах подготовки расплава и заливки литейной формы с последующей кристаллизацией металла	Владеет навыками анализа результатов контроля и испытаний и разработки предложений по совершенствованию технологических процессов	Дифференцированный зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	43	43	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Механизмы протекающие в формовочных и стержневых смесях	8	0	18	40
Тема 1. Механизм образования прочности формовочных и стержневых смесей. Общая теория прочности. Механизм повышения прочности песчано-глинистых смесей. Сушка форм и стержней. Тема 2. Пористость. Влияние пористости на основные технологические свойства форм. Полная поровая характеристика литейной формы. Влияние размера и формы зерен песка на пористость. Влияние состава смеси. Регулирование пористости смесей. Изменение пористости смеси при нагреве.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Физико-химические процессы в контактной зоне металл-форма	10	0	25	41
Тема 3. Анализ контактных процессов Характеристика контактных зон. Методика изучения контактных зон. Термический анализ материалов и покрытий. Определение физико-химических свойств формовочных материалов. Тема 4. Проблемы взаимодействия литейной формы и отливки Влияние взаимодействий между отливкой и формой на качество литой поверхности. Газовые явления на границе раздела металл-форма. Тема 5. Химическое взаимодействие материала формы и заливаемого сплава. Образование химического пригара. Влияние состава сплава и температурного режима формы на образование пригара. Мероприятия по снижению химического пригара в отливках.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	43	81
ИТОГО по дисциплине	18	0	43	81

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Механизм повышения прочности песчано-глинистых смесей
2	Зависимости изменения пористости смеси при нагреве.
3	Изучение растворимости газов в металлах
4	Определение физико-химических свойств формовочных материалов
5	Изучение спекания частиц формовочной смеси

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства : учебник для вузов / В. А. Васильев. - М.: Интермет Инжиниринг, 2001.	35
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Скамьянова Т. Ю. Физико-химические основы литейных процессов : учебное пособие / Т. Ю. Скамьянова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	2
2	Физико-химические основы литейного производства : сборник задач / Пермский государственный технический университет ; Сост. Т. Ю. Скамьянова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2000.	15

2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства : учебник для вузов / В. А. Васильев. - М.: Интермет Инжиниринг, 2001.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks50316	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	Компьютер	1
Практическое занятие	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Физико-химические процессы в литейном производстве»
основной профессиональной образовательной программы высшего образования –
программы академического бакалавриата

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Компьютерное проектирование и автоматизация
литейного производства

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Инновационные технологии машиностроения

Форма обучения: Очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Виды контроля: Дифференцированный зачет: 7 - семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «**Физико-химические процессы в литейном производстве**» и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;
- рабочей программы дисциплины «**Физико-химические процессы в литейном производстве**», утвержденной «17» ноября 2020г.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.В.10 «Физико-химические процессы в литейном производстве» участвует в формировании 2 - х компетенции: ПК-1.1, ПК-2.2. В рамках учебного плана образовательной программы в 7 -м семестре на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются следующие дисциплинарные части компетенций:

1. **ПК-1.1.** Способен подготавливать элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ
2. **ПК-2.2.** Освоение и внедрение типовых, групповых и единичных технологических процессов.

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра базового учебного плана) и разбито на 2 учебных раздела. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	-	РК	Дифференцированный зачет
Усвоенные знания				
3.1 принципы подготовки информационных обзоров, заключений на техническую документацию по принципам формирования свойств отливок	ОПЗ 1-2		КР1	Тест
3.2 методики проектирования технологических процессов литья и основные принципы и способы управления процессами формирования свойств отливок на этапах подготовки расплава и заливки литейной формы с последующей кристаллизацией металла; влияние взаимодействий между отливкой и формой на качество литой поверхности	ОПЗ 3-4			
Освоенные умения				
У.1 проводить работы по формированию элементов технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ в области изготовления литых заготовок	ОПЗ 5		КР2	КР
У.2 составлять программы и методики испытаний изделий на разных этапах технологического процесса и использовать в работе средства автоматизации технологического проектирования, применяемые в организации	ОПЗ 5		КР2	КР
Приобретенные владения				
В.1 навыками разработки проектов и программ проведения работ по формированию свойств отливок на этапах подготовки расплава и заливки литейной формы с последующей кристаллизацией металла			ИКЗ	КЗ
В.2 навыками анализа результатов контроля и испытаний и разработки предложений по			ИКЗ	КЗ

совершенствованию технологических процессов формирования свойств отливок на этапах подготовки расплава и заливки литейной формы с последующей кристаллизацией металла				
---	--	--	--	--

ОПЗ – отчет по практическому занятию; КР – контрольная работа; ИКЗ – индивидуальное комплексное задание; О – опрос; РТ – рубежный тест; КЗ – комплексное задание зачета.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

По темам, имеющим большую теоретическую нагрузку для контроля знаний (табл. 1.1) проводятся контрольные работы. Качество и полнота ответов на вопросы оценивается по 4-балльной шкале, заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты практических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита практических работ

Всего запланировано 5 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по разделу 1 «Определение основных факторов влияющих на механические свойства формовочных и стержневых смесей», вторая КР по разделу 2 «Определение физико-химических процессов в зоне контакта металла с формой».

Типовые вопросы первой КР:

1. Механизм образования прочности формовочных и стержневых смесей.

2. Влияние пористости на основные технологические свойства форм.
Типовые вопросы второй КР:
3. Анализ контактных процессов.
4. Проблемы взаимодействия литейной формы и отливки
5. Химическое взаимодействие материала формы и заливаемого сплава.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.3. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде дифференцированного зачета по дисциплине письменно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, и комплексные задания (КЗ) для проверки освоенных умений и контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС бакалаврской программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Механизм повышения прочности песчано-глинистых смесей.
2. Полная поровая характеристика литейной формы.
3. Определение физико-химических свойств формовочных материалов.
4. Газовые явления на границе раздела металл-форма.
5. Химическое взаимодействие материала формы и заливаемого сплава.

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта билетов для дифференцированного зачета хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС бакалаврской программы.

Типовые комплексные задания для проверки умений и владений

Задание №1

**РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ИЗОБАРНОГО ПОТЕНЦИАЛА
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

Для заданной металлургической реакции (табл. 1) построить изобарные потенциалы: приближенным методом или методом Темкина-Шварцмана и оценить направление реакции. Построить графики $\Delta G_T = f(T)$.

Таблица №1

Металлургические реакции

№ вар.		№ вар.	
1	$\text{Fe} + \text{CO}_2 = \text{FeO} + \text{CO}$	2	$3\text{Fe} + \text{SO}_2 = \text{FeS} + 2\text{FeO}$
3	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	4	$\text{Si} + \text{O}_2 = \text{SiO}_2$
5	$2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$	6	$2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$
7	$2\text{Mn} + \text{O}_2 = 2\text{MnO}$	8	$\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$
9	$\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$	10	$\text{Si} + 2\text{CO}_2 = \text{SiO}_2 + 2\text{CO}$
11	$\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{FeO}$	12	$\text{Mn} + \text{CO}_2 = \text{MnO} + \text{CO}$
13	$\text{Si} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$	14	$\text{Si} + 2\text{FeO} = \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$
15	$\text{Mn} + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO} + \text{H}_2$	16	$\text{C} + \text{FeO} = \text{CO} + \text{Fe}$
17	$\text{Mn} + \text{FeO} = \text{MnO} + \text{Fe}$	18	$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{FeO} = (\text{FeO})_3\text{P}_2\text{O}_5$
19	$2\text{P} + 5\text{FeO} = \text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{Fe}$	20	$\text{MnS} + \text{CaO} = \text{CaS} + \text{MnO}$
21	$\text{FeS} + \text{CaO} = \text{CaS} + \text{FeO}$	22	$\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$
23	$3\text{FeO} + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Fe}$	24	$\text{SiO}_2 + 2\text{Fe} = \text{Si} + 2\text{FeO}$
25	$\text{MnO} + \text{C} = \text{Mn} + \text{CO}$	26	$2\text{MnO} + \text{Si} = 2\text{Mn} + \text{SiO}_2$
27	$\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$	28	$3\text{MnO} + \text{CaC}_2 = 3\text{Mn} + \text{CaO} + 2\text{CO}$
29	$3\text{FeO} + \text{CaC}_2 = 3\text{Fe} + \text{CaO} + 2\text{CO}$	30	$\text{CaF}_2 + \text{FeO} = \text{CaO} + \text{FeF}_3 \uparrow$
31	$2\text{CaF}_2 + \text{SiO}_2 = 2\text{CaO} + \text{SiF}_4 \uparrow$	32	$2\text{CaF}_2 + \text{Ti} = 2\text{Ca} + \text{TiF}_4 \uparrow$
33	$3\text{CaF}_2 + 2\text{Al} = 3\text{Ca} + 2\text{AlF}_3 \uparrow$	34	$3\text{Fe} + \text{Cu}_2\text{O} = \text{FeO} + 2\text{Cu}$
35	$2\text{Ce} + 3\text{MgCl}_2 = 3\text{Mg} + 2\text{CeCl}_3$	36	$3\text{NiO} + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Ni}$
37	$5\text{NiO} + 2\text{Cr} = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 5\text{Ni}$	38	$\text{NiO} + \text{Ti} = \text{TiO} + \text{Ni}$
39	$2\text{NiO} + \text{Si} = \text{SiO}_2 + 2\text{Ni}$	40	$\text{Si} + 2\text{FeO} = 2\text{FeO} + \text{SiO}_2$
41	$(\text{FeO})_3\text{P}_2\text{O}_5 + 4\text{CaO} = (\text{CaO})_4\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{FeO}$		
42	$3\text{FeS} + \text{CaC}_2 + 2\text{CaO} = 3\text{CaS} + 3\text{Fe} + 2\text{CO}$		
43	$3\text{MnS} + \text{CaC}_2 + 2\text{CaO} = 3\text{CaS} + 3\text{Mn} + 2\text{CO}$		
44	$2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{SiO}_2 + 4\text{Cu} = 3\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{Cu}_4\text{SiO}_4$		

Задание №2

ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Для заданных температур рассчитать равновесные составы газовых фаз реакций восстановления оксидов железа монооксидом углерода и водорода (табл. 2). Результаты расчетов сравнить с данными диаграмм состояния (рис. 1–2).

Таблица 2

№ вар.	T, K	№ вар.	T, K	№ вар.	T, K
1	2000	17	1150	33	800
2	1950	18	1100	34	780
3	1900	19	1080	35	760
4	1850	20	1060	36	740
5	1800	21	1040	37	720
6	1750	22	1020	38	700
7	1700	23	1000	39	680
8	1650	24	980	40	660
9	1600	25	960	41	640
10	1550	26	940	42	620
11	1500	27	920	43	600
12	1450	28	900	44	580
13	1400	29	880	45	520
14	1300	30	860	46	500
15	1250	31	840	47	450
16	1200	32	820	48	350

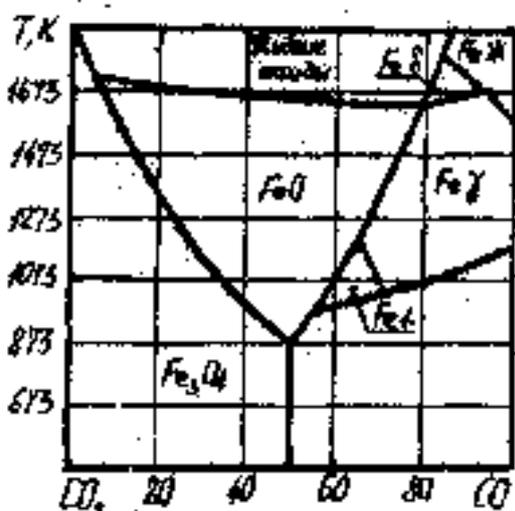


Рис. 1. Диаграмма равновесия оксидов железа с атмосферой $CO - CO_2$

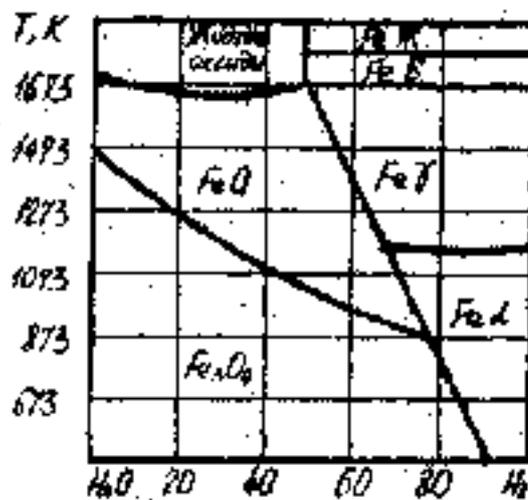


Рис. 2. Диаграмма равновесия оксидов железа с атмосферой $H_2 - H_2O$