

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №09 от 09 февраля 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ПРОИЗВОДСТВО КРЕМНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ»**

---

Направление: 22.03.02 Metallургия

---

Metallургия цветных, редких и благородных металлов

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: заочная

---

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Составитель программы: Тютрин Андрей  
Александрович  
Дата подписания: 04.05.2026

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина  
Владимировна  
Дата подписания: 08.05.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

**1.1 Дисциплина «Производство кремния и проектирование цехов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-5 Способность осуществлять, анализировать и корректировать технологические процессы получения металлов	ПКС-5.7
ПКС-6 Способность применять в практической деятельности принципы ресурсо- и энергосбережения, защиты окружающей среды для достижения высоких технико-экономических показателей металлургического производства	ПКС-6.1
ПКС-8 Способность осуществлять расчеты материальных потоков, балансов процессов и/или элементов конструкций оборудования при проектировании металлургических цехов/фабрик	ПКС-8.1

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-5.7	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать технологические процессы электролизного производства алюминия и магния и(или) производства кремния, а также знания основ проектирования электролизных и (или) плавильных цехов	<b>Знать</b> основные причины нарушений работы технологических процессов в металлургии кремния; способы регулирования осуществлением металлургическим процессом получения кремния; основы проектирования цехов <b>Уметь</b> применять полученные знания об условиях протекания технологического процесса переработки кремнеземсодержащего рудного сырья для обеспечения правильного ведения технологического процесса; предлагать пути решения экологических проблем кремниевого производства; использовать справочную литературу для выполнения расчетов <b>Владеть</b> навыками корректировки технологических процессов получения кремния в случаях их нарушения; навыками составления электрических, тепловых балансов технологических процессов получения кремния

ПКС-6.1	Демонстрирует способность применять принципы ресурсо- и энергосбережения, защиты окружающей среды при реализации технологических решений с высокими технико-экономическими показателями в области электрометаллургии алюминия или металлургии кремния	<b>Знать</b> принципы рационального природопользования при производстве кремния <b>Уметь</b> применять принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов производства кремния <b>Владеть</b> навыками использования принципов рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии кремния
ПКС-8.1	Выполняет расчеты балансов электро-, пирометаллургических и иных металлургических процессов и/или конструкций принимаемого к установке основного и/или вспомогательного оборудования	<b>Знать</b> принципы работы и особенности конструкции основных электронагревательных агрегатов (руднотермических печей) <b>Уметь</b> производить расчёты руднотермических печей, используя современные методы проектирования; использовать справочную литературу для выполнения расчетов; анализировать чертежи деталей и элементов конструкций металлургических агрегатов <b>Владеть</b> принципами составления балансов металлургических процессов производства кремния

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Производство кремния и проектирование цехов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Оборудование металлургического производства и защита металлов от коррозии», «Математика», «Детали машин и основы метрологии», «Электротехника и электроника», «Физико-химия кремния»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 4	Учебный год № 5
Общая трудоемкость	180	36	144

дисциплины			
Аудиторные занятия, в том числе:	22	2	20
лекции	8	2	6
лабораторные работы	6	0	6
практические/семинарские занятия	8	0	8
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	149	34	115
Трудоемкость промежуточной аттестации	9	0	9
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен, Курсовой проект		Экзамен, Курсовой проект

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

###### Учебный год № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Современное состояние производства металлургического кремния	1	1					1	14	
2	Кремнеземсодержащие сырьевые материалы	2	1					1	20	
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

###### Учебный год № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Теоретические основы получения кремния плавкой в электродуговых печах	1	1	1	4			1, 3, 5	38	Отчет по лабораторной работе
2	Конструкции электропечей для выплавки кремния	2	1			1, 2	8	4, 5	13	
3	Ведение	3	1					5	8	Контрольн

	технологического процесса выплавки									ая работа
4	Характеристика продуктов плавки и рафинирование кремния	4	1	2	2			3, 5	12	Отчет по лабораторной работе
5	Основы проектирования цеха производства кремния	5	1					2, 5	34	
6	Вопросы экологии при производстве кремния	6	1					5	10	
	Промежуточная аттестация								9	Экзамен, Курсовой проект
	Всего		6		6		8		124	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Учебный год № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Современное состояние производства металлургического кремния	Введение в дисциплину. Состояние и перспективы металлургии кремния
2	Кремнеземсодержащие сырьевые материалы	Кварц. Горный хрусталь. Кварцит Кварцитовидные песчаники. Гранулированный кварц

##### Учебный год № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Теоретические основы получения кремния плавкой в электродуговых печах	Горн РТП по вертикали можно разбить на 5 зон, каждая из которых характеризуется своей температурой и вероятностью протекания одной или нескольких реакций в пределах температур, соответствующих началу и окончанию взаимодействия
2	Конструкции электропечей для выплавки кремния	конструкции РВП могут быть открытыми (без свода), закрытыми (со специальным зондом), полужакрытыми и закрытыми (со сводом), как стационарными, так и с вращающимися ваннами. По количеству электродов печи делятся на одноэлектродные или двухэлектродные (однофазные печи), трёх- и шестиэлектродные (трёхфазные печи). По форме ванны различают круглые (оборудованы электродами круглой формы), прямоугольные (могут быть оборудованы как круглыми, так и плоскими электродами), треугольные и овальные печи

3	Ведение технологического процесса выплавки	Основной задачей ведения технологического процесса является обеспечение нормальной работы колошника и лётки. Процесс в печи происходит главным образом у электродов в тиглях. В верхней части тигля холодная шихта образует своеобразный свод. Стенки и свод тигля непрерывно оплавляются и замещаются новыми порциями поступающей сверху шихты
4	Характеристика продуктов плавки и рафинирование кремния	При производстве кремния в руднотермических печах кроме основного продукт неизбежно образование газовой фазы (с пылью) и незначительного количества шлака. Получаемый в электродуговых печах кремний не отвечает требованиям потребителей по содержанию примесных элементов, поэтому его рафинируют от ряда примесей. Комплексная операция рафинирования при карботермическом получении кремния должна снижать содержание в кремнии Al, Ca, Ti и других примесей, а также полностью удалять мелкие и крупные включения шлака
5	Основы проектирования цеха производства кремния	Участок дозирования шихтовых материалов. Печной участок. Участок дробления и сортировки кремния
6	Вопросы экологии при производстве кремния	Производство кремния связано с образованием значительных количеств технологических газов, содержащих вредные вещества: пыль, состоящую из SiO <sub>2</sub> , SiC, C, оксидов Fe, Al, Ca, Ti, Mg, P, Na и K; газы, содержащих NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> , H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> . Кроме этого, к вредным факторам кремниевого производства относится высокая теплонапряжённость основного металлургического агрегата – дуговой электропечи, значительное выделение тепла и повышенная температура в рабочей зоне, превышающие допустимые нормы.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Учебный год № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение термостойкости кварцитов	4
2	Микроскопический метод исследования рафинированного кремния	2

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Учебный год № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
---	---	----------------------------

1	Конструктивный расчет руднотермической печи	4
2	Электрический расчет руднотермической печи	4

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Учебный год № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Проработка разделов теоретического материала	34

##### Учебный год № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	24
2	Написание курсового проекта (работы)	24
3	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	6
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	3
5	Проработка разделов теоретического материала	58

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: групповая дискуссия, тренинг

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

##### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов : метод. указания по выполнению курсового проекта / сост. : Н.В. Немчинова, А.А. Тютрин, Т.А. Карканица. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 20 с.

##### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов: метод. указания по выполнению практических работ / сост. : Н.В. Немчинова, А.А. Тютрин. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 91 с.

##### 5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Немчинова Н.В., Бельский С.С. Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов. Лабораторный практикум. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2007. – 100 с.

##### 5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа студента включает проработку отдельных разделов теоретического курса, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, оформление отчетов по лабораторным работам, выполнение контрольной работы и написание

курсового проекта.

#### 5.1.4.1 Проработка отдельных разделов теоретического курса

Обучающемуся необходимо самостоятельно изучить основную и дополнительную литературу и информационные ресурсы по предложенным преподавателем темам.

Примерные темы для самостоятельной проработки раздела дисциплины:

1. Кремний – элемент живой природы. Свойства и применение.
2. Виды кремнеземсодержащего сырья, пригодного для производства кристаллического кремния.
3. Новые перспективные виды углеродистых восстановителей для выплавки кремния.
4. Подготовка шихтовых материалов к плавке.
5. Развитие конструкций электропечей для выплавки кремния.
6. Работа электрической дуги в руднотермических печах.
7. Продукты руднотермической плавки, основные характеристики.
8. Виды рафинирования технического кремния.
9. Применение особоочистого кремния.
10. Основные свойства полупроводникового кремния, влияние дефектов и примесей.
11. Конструкция оборудования для выращивания моно- и мульткристаллического кремния.

#### 5.1.4.2 Подготовка к практическим и лабораторным занятиям

Перед проведением практического и лабораторного занятия студенту необходимо изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего занятия.

За время, отведенное на подготовку к практическим и лабораторным занятиям, студент должен изучить материал по теме занятия и предварительно к нему подготовиться.

Перечень заданий, вопросов или тем, которые будут рассмотрены на занятиях, сообщаются преподавателем и указаны в методических указаниях по практическим и лабораторным работам.

#### 5.1.4.3 Оформление отчетов по лабораторным работам

Обучающемуся необходимо проработать теоретический материал по теме работы, изучить методические указания по проведению лабораторной работы, разобраться в методике эксперимента, принципе работы установки для его проведения. В методических указаниях по выполнению лабораторных работ имеется перечень контрольных вопросов для подготовки к ним и защиты, охватывающих тему, к которой относится та или иная работа. При подготовке использовать рекомендуемую литературу, справочные данные, контрольные вопросы, приведенные в описании содержания лабораторной работы. Требования к форме и содержанию отчетных материалов изложены в методических указаниях по выполнению работы и СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

#### 5.1.4.4 Выполнение контрольной работы

Описание задания для выполнения контрольной работы приведены в методических указаниях:

Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов : метод. указания по освоению дисциплины студентами заочной формы обучения // сост. : Н.В. Немчинова, А.А. Тютрин,. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2018.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 учебный год 5 | Контрольная работа**

**Описание процедуры.**

В методических указаниях для студентов заочной формы обучения (см. п. 5.1.4.4) приведено описание структуры контрольной работы (теоретический вопрос и задача) по вариантам.

Во время занятий по дисциплине до промежуточной аттестации обучающийся сдает выполненную самостоятельно контрольную работу, оформленную в соответствии с СТО в виде печатного документа на бумаге формата А4 в печатном или электронном виде.

### **Критерии оценивания.**

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для выполнения теоретической части контрольной работы; список использованных источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления; правильность решения задачи.

## **6.1.2 учебный год 5 | Отчет по лабораторной работе**

### **Описание процедуры.**

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. Задание на выполнение лабораторной работы обучающийся получает на предыдущем занятии. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.

2. К началу занятий должна быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо необходимые расчётные формулы, подготовить таблицы для наблюдений.

3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ.

4. На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы «Определение термостойкости кварцитов»):

1. Цель работы.

2. Какие виды кремнеземсодержащего сырья пригодны для плавки кремния?

3. Записать основные реакции, характеризующие процесс карбо-термической плавки.

4. На какие группы можно разделить кварциты по температурной зависимости перехода  $\text{SiO}_2$  в  $\text{SiO}$ ?

5. Какое влияние оказывают примеси на газификацию  $\text{SiO}_2$ ?

6. В чём заключается методика определения термостойкости квар-цевого сырья?

7. Описать ход лабораторной работы.

### **Критерии оценивания.**

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях. Подробное описание лабораторных работ и вопросы к защите отчета представлены в методических указаниях (см. п.5.1.3)

## 6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-5.7	Демонстрирует знания теории и технологии процессов получения кремния, способен корректировать технологические процессы производства кремния и знания основ проектирования плавильных цехов	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ПКС-6.1	Демонстрирует знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии кремния	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ПКС-8.1	Демонстрирует знания расчетов конструкций металлургического оборудования и составления металлургических балансов	Защита курсового проекта

### 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

#### 6.2.2.1 Учебный год 5, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

##### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Оформление курсового проекта должно соответствовать СТО. При определении тематики ВКР не в области электротермии кремния допускается выполнение курсового проекта по элементам проектов и проектировании цехов в иных технологических процессах получения цветных металлов, электрометаллургии алюминия.

Перечень вопросов к защите курсового проекта:

1. Что необходимо предпринять для улучшения технологии плавки кремния?
2. Какие основные вредные и опасные факторы существуют в цехах по производству кремния?
3. Перечислите основные элементы короткой сети.
4. Классификация руднотермических печей.
5. Основные технологические показатели при производстве кремния (на примере АО «Кремний»).

##### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует глубокие знания расчетов конструкций металлургического оборудования и составления металлургических балансов	Демонстрирует хорошие знания расчетов конструкций металлургического оборудования и составления металлургических балансов	Демонстрирует слабые знания расчетов конструкций металлургического оборудования и составления металлургических балансов	Не демонстрирует знания расчетов конструкций металлургического оборудования и составления металлургических балансов

### 6.2.2.2 Учебный год 5, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

#### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Экзамен состоит из двух частей: первая часть проводится в форме теста, вторая – устного опроса по вопросам с предварительной подготовкой. Экзаменатор вправе задавать вопросы сверх билета. Экзамен проводится в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Критерии оценки ответа обучающегося на экзамене, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения обучающихся до начала экзамена. Результат экзамена объявляется обучающемуся непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося. Выставление оценок на экзамене осуществляется на основе принципов объективности, справедливости, всестороннего анализа уровня знаний и освоения компетенция обучающихся.

Тест для экзамена:

1. Выбрать основную реакцию, которая описывает процесс получения кремния в рудотермических печах:

А)  $\text{SiO} + \text{SiC} = 2\text{Si} + \text{CO}$ ; Б)  $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$ ; В)  $\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO}$ .

2. Процесс получения кремния в РТП характеризуется как:

А) бесшлаковый; Б) малошлаковый; В) шлаковый.

3. Печи мощностью от 10,5 до 33 МВ·А относятся к печам:

А) малой; Б) средней; В) большой мощности.

4. Согласно модели механизма получения кремния одной из ведущих реакций является реакция образования:

А)  $\text{SiO}$ ; Б)  $\text{SiO}_2$ ; В)  $\text{SiC}$ .

5. Средний расход угольных электродов на печах мощностью 25 МВ·А составляет:

А) 125 кг/т Si; Б) 140 кг/т Si; В) 160 кг/т Si.

Вопросы к экзамену:

1. Назовите сырьевые материалы для выплавки кристаллического кремния.
2. Назовите основные углеродистые восстановители, их физико-химические свойства.
3. Назовите основные плавильные металлургические печи.
4. В чём отличие плавильных металлургических печей от нагревательных?
5. Перечислите способы передачи тепловой энергии к целевому продукту в электродуговых печах.
6. Конструктивные особенности рудотермических печей.
7. Электроды рудовосстановительных печей (графитированные и угольные).
8. Практика работы рудотермических печей и основные технико-экономические

показатели.

9. Общая технологическая схема получения кремния.
10. Охарактеризуйте продукты рафинирования.

#### 6.2.2.2 Критерии оценивания

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
Демонстрирует глубокие знания теории и технологии процессов получения кремния и знания основ проектирования плавильных цехов, способен полностью корректировать технологические процессы производства кремния. Демонстрирует глубокие знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии кремния	Демонстрирует основные знания теории и технологии процессов получения кремния и знания основ проектирования плавильных цехов, способен достаточно корректировать технологические процессы производства кремния. Демонстрирует хорошие знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии кремния	Демонстрирует слабые знания теории и технологии процессов получения кремния и знания основ проектирования плавильных цехов, способен минимально корректировать технологические процессы производства кремния. Демонстрирует слабые знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии кремния	Не демонстрирует знания теории и технологии процессов получения кремния и знания основ проектирования плавильных цехов, не способен корректировать технологические процессы производства кремния. Не демонстрирует знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии кремния

### 7 Основная учебная литература

1. Немчинова Н. В. Физикохимия и карботермия кремния : учебное пособие при подготовке бакалавров по направлению 22.03.02 "Металлургия" / Н. В. Немчинова, 2017. - 287.
2. Катков О. М. Выплавка технического кремния : учебное пособие / О. М. Катков, 1999. - 243.

### 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Немчинова Н. В. Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов : лаб. практикум для специальности 150102 "Металлургия цв. металлов"... / Н. В. Немчинова, С. С. Бельский, 2007. - 99.
2. Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению практических работ по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия" (уровень бакалавриат) / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 91.
3. Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов [Электронный ресурс] : методические указания для выполнения курсового проекта по направлению 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 20.
4. Производство тугоплавких металлов и кремния и проектирование цехов [Электронный ресурс] : методические указания для самостоятельной работы по направлению 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 13.
5. Шадис В. С. Физико-химическое моделирование металлургических процессов (производство кремния) : пособие / В. С. Шадис, В. А. Бычинский, 1999. - 64.
6. Производство кремния : справочник металлурга / А. Е. Черных [и др.], 2004. - 555.
7. Производство кремния / А. Р. Школьников [и др.], 2001. - 268.
8. Немчинова Н. В. Кремний: свойства, получение, применение : учебное пособие / Н. В. Немчинова, В. Э. Клец, 2008. - 271.
9. Теория металлургических процессов : учебник для вузов по направлению 150100 "Металлургия", специальность 150102 "Металлургия цветных металлов" / Г. Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. Г. Г. Минеева, 2010. - 522.

## **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows Seven Professional (Microsoft Windows Seven Starter) - Seven, Vista, XP\_prof\_64, XP\_prof\_32 - поставка 2010
2. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Проектор "Epson EB-S18"

2. Экран Projecta SlimScreen настенный
3. 318149 Весы HL-400
4. Муфельная печь ЭКПС 10 (1300\*С, 10л, материал камеры-волокно МКРВ)
5. Микроскоп "Axio Lab.A1" материалов-ий бинокулярный для лаб-ых исслед.