

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА**  
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
**СТИ НИТУ «МИСИС»**

Рабочая программа утверждена  
решением Ученого совета  
СТИ НИТУ «МИСИС»  
от «24» июня 2025 г.  
протокол № 26

## Рабочая программа дисциплины

# Низкотемпературные технологические процессы и установки

Закреплена за кафедрой	<b><u>Кафедра металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой</u></b>
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль	Тепломассообменные процессы и оборудование при производстве металлизированного сырья
Квалификация	<b><u>Бакалавр</u></b>
Форма обучения	<b><u>Очная</u></b>
Общая трудоемкость	<b>6 ЗЕТ</b>

Часов по учебному плану	<u>216</u>
в том числе:	
аудиторные занятия	<u>51</u>
самостоятельная работа	<u>129</u>
часов на контроль	<u>36</u>

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 7

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	129	129	129	129
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Год набора 2023.  
В редакции 2025 г.

Программу составил:  
доцент, кандидат технических наук  
Черменев Евгений Александрович  
Должность, уч. ст., уч. зв. ФПО полностью

  
подпись

Рабочая программа дисциплины

**Низкотемпературные технологические процессы и установки**

наименование

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,

Профиль: Тепломассообменные процессы и оборудование при производстве металлизированного сырья, утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» 24.06.2025 г., протокол № 26.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой

наименование кафедры

Протокол от «05» июня 2025 г. № 8

Зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой  
аббревиатура наименования кафедры

«05» июня 2025 г.

  
подпись

А.В. Сазонов  
И.О. Фамилия

Руководитель ОПОП ВО  
заведующий кафедрой ММ им. С.П. Угаровой,  
кандидат технических наук, доцент  
должность, уч. ст., уч. зв.

«05» июня 2025 г.

  
подпись

А.В. Сазонов  
И.О. Фамилия

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом и подготовка обучающихся в области энергетики, формирование у обучающихся способности к приобретению навыков применения низкотемпературной техники, изучение низкотемпературных методов разделения газовых смесей.	
Задачи дисциплины:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- приобретение навыков в применении низкотемпературных режимов и установок для получения требуемых режимов, процессов и продуктов;</li> <li>- приобретение практических навыков расчета и проектирования аппаратов оборудования для криогенных температур;</li> <li>- компетентность в методах расчета процессов сжижения газов (азота, кислорода, гелия и др.), их хранения и транспорта в жидком состоянии;</li> <li>- компетентность в вопросах охлаждения и термостатирования при криогенных температурах.</li> </ul>	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Математика
2.1.2	Физика
2.1.3	Тепломассообмен
2.1.4	Теплотехника
2.1.5	Нагнетатели и тепловые двигатели
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Производственная практика (преддипломная)
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач</b>	
Знать:	УК-1-31. Основные законы протекания процессов в теплоэнергетике и теплотехнике.
Уметь:	УК-1-У1. Выделять значимые качества исследуемых процессов.
Владеть:	УК-1-В1. Навыками математического описания низкотемпературных процессов.
<b>УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения</b>	
Знать:	УК-2-31. Теоретические основы процессов получения низких температур. УК-2-32. Принцип действия, устройство и технические характеристики оборудования для получения низких температур.
Уметь:	УК-2-У1. Выбирать и определять оптимальные режимы ведения технологического процесса в зависимости от требуемого уровня низких температур.
Владеть:	УК-2-В1. Навыками анализа технико-экономических показателей процесса получения низких температур.
<b>УК-6: Способен управлять своим временем, осознавать необходимость, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни</b>	
Знать:	УК-6-31. Взаимосвязь теоретических знаний с выполнением реальных инженерных проектов.
Уметь:	УК-6-У1. Критически оценивать объекты профессиональной деятельности с точки зрения возможности их прямого или косвенного воздействия на окружающую среду и обслуживающий персонал.
Владеть:	УК-6-В1. Выделять актуальную и практически значимую информацию из анализируемых источников.
<b>ОПК-2: Способен демонстрировать знание и понимание математики и других фундаментальных наук, лежащих в основе соответствующей инженерной специализации, применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</b>	
Знать:	ОПК-2-31. Основные методики расчета оборудования, используемого в низкотемпературных установках.
Уметь:	ОПК-2-У1. Применять методы анализа и моделирования при решении профессиональных задач.
Владеть:	ОПК-2-В1. Навыками составления алгоритмов расчета низкотемпературных процессов.
<b>ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</b>	
Знать:	ОПК-3-31. Особенности низкотемпературных циклов.
Уметь:	ОПК-3-У1. Проводить анализ влияния различных факторов на параметры, характеризующие работу оборудования.
Владеть:	ОПК-3-В1. Навыками расчета основных процессов получения низких температур.
<b>ПК-1: Анализ и совершенствование теплотехнического оборудования на металлургических предприятиях</b>	
Знать:	ПК-1-31. Устройство и принципы работы низкотемпературного оборудования, опираясь на передовой отечественный и зарубежный опыт в области теплоснабжения.

Уметь:	ПК-1-У1. Анализировать возможность использования и усовершенствования низкотемпературного оборудования для проведения соответствующих технологических процессов и осуществлять творческий поиск решения проблем, возникающих в процессе эксплуатации оборудования и инженерных систем.
Владеть:	ПК-1-В1. Навыками расчета оборудования для получения низких температур и организации работы по изучению и внедрению научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта в сфере теплоснабжения.
<b>ПК-2: Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</b>	
Знать:	ПК-2-З1. Классификацию и область применения аппаратов для получения низких температур и методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.
Уметь:	ПК-2-У1. Применять методы анализа научно-технической информации и оценивать влияние различных факторов на параметры, характеризующие работу низкотемпературного оборудования.
Владеть:	ПК-2-В1. Навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований и оценки влияния различных факторов на эффективность и технико-экономические показатели работы оборудования.

<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ</b>						
<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр</b>	<b>Количество часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература и электронные ресурсы</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 1. Введение. Общие характеристики низкотемпературных установок.</b>					
1.1	Современное состояние и краткий обзор развития промышленных низкотемпературных установок. /Лек/	7	1	УК-1-31, УК-6-31, ПК-2-31,	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.5	
1.2	Низкотемпературные установки. Классификация. Общие и частные характеристики низкотемпературного оборудования. /Лек/	7	2	УК-2-31, УК-2-32, ОПК-2-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2	
1.3	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	8	УК-1-31, УК-2-31, УК-2-32, УК-6-31, ОПК-2-31, ПК-1-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Э 1	
	<b>Раздел 2. Термодинамические основы работы холодильных машин. Холодильные агенты и хладоносители.</b>					
2.1	Способы получения низких температур. Тепловые диаграммы. Обратный процесс. /Лек/	7	2	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1	
2.2	Понятие хладагента. Требования к хладагентом. Группы хладагентов. Свойства хладагентов. Хладоносители. Требования к хладоносителям. /Лек/	7	2	УК-2-31, ПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1	
2.3	Охлаждение путем расширения газа. /Пр/	7	6	УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1	Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
2.4	Определение параметров холодильных машин при использовании хладагентов. /Пр/	7	8	УК-2-У1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1	Л. 1.1, Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
2.5	Подготовка к практическим занятиям. Оформление практических работ. /Ср/	7	20	УК-1-У1, УК-1-В1, УК-2-У1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1	Л. 1.1, Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
2.6	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	8	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1,	

	<b>Раздел 3. Холодильные циклы сжатия.</b>					
3.1	Холодильные циклы одноступенчатого сжатия. Воздушная холодильная установка. Паровая холодильная машина. /Лек/	7	2	УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2	
3.2	Холодильные циклы многоступенчатого сжатия. Циклы сжатия: двухступенчатые, трехступенчатый, каскадные. /Лек/	7	2	УК-2-32, ОПК-3-31, ОПК-2-31,	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2	
3.3	Холодильные машины одноступенчатого сжатия. /Пр/	7	4	УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-1-В1	Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
3.4	Холодильные машины многоступенчатого сжатия. /Пр/	7	4	УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-1-В1	Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
3.5	Подготовка к практическим занятиям. Оформление практических работ. /Ср/	7	20	УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1	Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
3.6	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	8	УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31,	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2, Э 2	
	<b>Раздел 4. Теплоиспользующие холодильные машины.</b>					
4.1	Абсорбционные холодильные машины. Абсорбенты. Циклы абсорбционных холодильных машин. Струйные холодильные установки. Их классификация. Пароэжекторные холодильные машины. Термоэлектрические холодильные установки. /Лек/	7	2	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2	
4.2	Процессы испарения и конденсации. Их общая характеристика. Конденсаторы. Равновесие между жидкостью и паром. Испарители. /Лек/	7	2	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2	
4.3	Расчет воздушной завесы холодильной камеры. /Пр/	7	6	УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1	Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
4.4	Подготовка к практическим занятиям. Оформление практических работ. /Ср/	7	10	УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-У1	Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
4.5	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	8	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2, Э 3	
	<b>Раздел 5. Ректификация.</b>					
5.1	Понятие ректификации. Сущность процесса ректификации. Виды процессов ректификации. /Лек/	7	2	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.4	
5.2	Расчет основных параметров ректификационных колонн. /Пр/	7	6	УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1	Л. 2.3, Л. 2.4	

5.3	Подготовка к практическим занятиям. Оформление практических работ. /Ср/	7	10	УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-У1	Л. 2.3, Л. 2.4	
5.4	Закрепление темы раздела путем изучения литературы в НТБ НИТУ «МИСИС» и ресурсов сети «Интернет». /Ср/	7	7	УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.4, Э 4, Э 5	
6	Выполнение расчетных заданий по учебной дисциплине. /Ср/	7	30	УК-1-У1, УК-1-В1, УК-2-У1, УК-2-В1, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1-В1, ПК-2-У1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.1, Л. 2.2, Л. 2.4	
	Часы на контроль. /Контроль/	7	36	УК-1-31, УК-2-31, УК-2-32, УК-6-31, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, ПК-2-31, УК-1-У1, УК-2-У1, УК-6-У1, ОПК-2-У1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-2-У1, УК-1-В1, УК-2-В1, УК-6-В1, ОПК-2-В1, ОПК-3-В1, ПК-1-В1, ПК-2-В1	Л. 1.1, Л. 1.2, Л. 2.2, Л. 2.3, Э 1, Э 2, Э 3, Э 4, Э 5	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

1. Классификация холодильных и криогенных установок. (УК-1-31, УК-2-31, УК-2-32,УК-6-31,ОПК-2-31, ПК-1-31,ПК-2-31)
2. Производительность, энергетические характеристики и обобщенные показатели рефрижераторов. (УК-1-31, УК-2-31, УК-2-32,УК-6-31,ОПК-2-31, ПК-1-31,ПК-2-31, УК-2-У1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
3. Производительность, энергетические характеристики и обобщенные показатели ожижителей. (УК-1-31, УК-2-31, УК-2-32,УК-6-31,ОПК-2-31, ПК-1-31,ПК-2-31, УК-2-У1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
4. Производительность, энергетические характеристики и обобщенные показатели разделительных установок. (УК-1-31, УК-2-31, УК-2-32,УК-6-31,ОПК-2-31, ПК-1-31,ПК-2-31, УК-2-У1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
5. Охлаждение. Низкотемпературные установки. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
6. Охлаждение при фазовых превращениях. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
7. Охлаждение путем расширения газов и дросселированием. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
8. Охлаждение с помощью вихревого эффекта. Термоэлектрическое охлаждение. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, УК-1-У1, УК-1-В1, ОПК-3-У1, ОПК-3-В1)
9. Обратный круговой процесс и обратный холодильный цикл. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31)
10. Обратный теплонасосный и комбинированный циклы. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31)
11. Хладагенты и требования к ним. (УК-2-31)
12. Группы и обозначения хладагентов. Парниковый эффект. (УК-2-31)
13. Области применения хладагентов. (УК-2-31)
14. Хладоносители. Требования к ним. (УК-2-31)
15. Воздушная компрессионная холодильная машина. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-У1)

16. Паровая компрессионная холодильная машина. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-2-У1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-У1)
17. Действительный цикл паровой холодильной машины. Использование РВ. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1)
18. Сухой ход компрессора. Регенеративный цикл холодильной машины. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1)
19. Применение многоступенчатого сжатия в компрессоре. Паровая компрессионная двухступенчатая машина. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-2-У1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-У1)
20. Двухступенчатое сжатие с двойным регулированием и промежуточным охлаждением. Выбор промежуточного давления. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1, ПК-2-У1)
21. Расчет теоретического цикла. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1)
22. Двухступенчатый цикл с теплообменником. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-2-У1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1, ПК-2-У1, ПК-2-В1)
23. Холодильная машина двухступенчатого сжатия с пароструйным прибором. Расчет теоретического цикла. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-2-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-2-У1, ПК-2-В1)
24. Циклы многоступенчатого сжатия. (УК-2-32, ОПК-2-31, ОПК-3-31, ПК-1-31, УК-6-В1, ОПК-3-У1, ПК-1-В1)
25. Абсорбционные установки. Показатели работы. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, ОПК-2-В1)
26. Оборудование абсорбционных установок. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31)
27. Абсорбционные холодильные машины. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ПК-1-У1, ПК-2-У1)
28. Струйные холодильные установки. Пароэжекторная холодильная машина. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-В1)
29. Вихревые холодильные установки. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-В1)
30. Термоэлектрические холодильные установки. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, ПК-1-У1, ПК-2-В1)
31. Криорефрижераторы со стационарными потоками. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31, УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-В1)
32. Криорефрижераторы с нестационарными потоками. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ОПК-2-31)
33. Ожижители газов. Метод Пикте. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31)
34. Метод Линде. Метод Клода. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31)
35. Детандерные ожижители. Энергетические характеристики. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31)
36. Разделение газовых смесей. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-В1, ПК-2-В1)
37. Ректификация. Ректификационные тарелки. Виды ректификационных тарелок. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-3-В1)
38. Однократная ректификация. Двукратная ректификация. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, УК-2-В1, УК-6-У1, УК-6-В1, ОПК-2-У1, ОПК-3-В1, ПК-2-У1)
39. Воздухоразделительные установки различного давления. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-2-У1)
40. Продукты разделения воздуха. (УК-2-31, УК-2-32, ПК-1-31, ПК-2-31, ОПК-2-31, ОПК-2-У1, ПК-2-В1)

## **5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине**

Темы расчетных заданий по учебной дисциплине (УК-1-У1, УК-1-В1, УК-2-У1, УК-2-В1, ОПК-2-У1, ОПК-2-В1, ПК-1-В1, ПК-2-У1, ПК-2-В1):

1. Расчет оборудования камеры охлаждения.
2. Расчет криоморозильного аппарата.

Выполняется по вариантам. Отчет оформляется на листах формата А4 с использованием MS Office.

Требования к содержанию отчета:

- постановка задачи с указанием исходных данных,
- решение задачи,
- выводы по результатам расчетов.

В 7 семестре предусмотрены практические занятия (УК-1-У1, УК-2-У1, УК-6-У1, ОПК-3-У1, УК-1-В1, УК-2-В1, УК-6-В1, ОПК-3-В1, ПК-1-В1).

Задачи на практических занятиях выполняются по вариантам. Оформляются на листах формата А4 с использованием MS Office или в тетрадях.

Подробное описание оценочных материалов для аттестации обучающихся приведено в ФОМ.

## **5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

В 7 семестре по курсу предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет включает в себя 3 теоретических вопроса из установленного перечня.

Билеты хранятся на кафедре и утверждены заведующим кафедрой.

## **5.4. Методика оценки освоения дисциплины**

Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 7 семестре.

Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости - балльно-рейтинговая:

- посещение занятий – по 0,5 балла за 1 занятие (всего 26 занятий), итого не более 13 баллов;
- выполнение практических работ – по 1,5 балла (всего 17 занятий), итого не более 25 баллов;
- выполнение расчетных заданий – по 11 баллов (всего 2 задания), итого не более 22 баллов.

ИТОГО не более 60 баллов в семестре.

Условие допуска к экзамену по дисциплине – наличие не менее 33 баллов семестровой работы.

Методика расчета оценки на экзамене.

Критерии определения оценок на экзамене:

**Оценка «отлично»**

Обучающийся демонстрирует:

- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;
- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора;
- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;
- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.

**Оценка «хорошо»**

Обучающийся демонстрирует:

- достаточно полное знание материала по содержанию изученной дисциплины;
- твердые знания теоретического материала;
- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;
- умение решать практические задания;
- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины.

Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы.

**Оценка «удовлетворительно»**

Обучающийся демонстрирует:

- поверхностные знания теоретического материала по изученной дисциплине;
- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;
- неточные ответы на дополнительные вопросы;
- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;
- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины.

**Оценка «неудовлетворительно»**

Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала;
- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;
- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;
- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;
- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины.

«неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**6.1. Рекомендуемая литература**

**6.1.1 Основная литература**

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Н.Н. Воробьева	Холодильная техника и технология. Часть 1 : учебное пособие.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=141466">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=141466</a>	Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 164 с.
Л 1.2	А.Н. Расщепкин, В.А. Ермолаев	Теплообменные аппараты низкотемпературной техники : учебное пособие Теплообменные аппараты низкотемпературной	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=141516">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=141516</a>	Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. – 169 с.



		техники : учебное пособие.		
6.1.2 Дополнительная литература				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	А.Г. Аверкин	Примеры и задачи по курсу "Кондиционирование воздуха и холодоснабжение" : учебное пособие.	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Москва : АСВ, 2003. - 126 с.
Л 2.2	И.А. Александров	Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования.	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Москва : Альянс, 2017. - 278 с.
Л 2.3	Б. Т. Маринюк	Вакуумно-испарительные холодильные установки, теплообменники и газификаторы техники низких температур.	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Москва : Энергоатомиздат, 2003. - 208 с.
Л 2.4	А. Г. Лаптев, А.М. Конахин, Н.Г. Минеев	Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей : учебное пособие.	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Москва : Теплотехник, 2011. - 424 с.
Л 2.5	Неверов Е. Н	Перспективы развития и направления применения низкотемпературных систем и установок: учебное пособие.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=600297">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=600297</a>	Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2019. – 124 с.
6.1.3 Методические разработки				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э 1	Основы теплотехники. получение холода. циклы холодильных машин. <a href="https://yandex.ru/video/preview/?text=циклы+холодильных+машин+видео&amp;path=wizard&amp;parent-reqid=1608284359651304-1506358052908487998700276-production-app-host-sas-web-yp-28&amp;wiz_type=vital&amp;filmId=4600715378171541695&amp;url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D3D3IC0c2Aht3E">https://yandex.ru/video/preview/?text=циклы+холодильных+машин+видео&amp;path=wizard&amp;parent-reqid=1608284359651304-1506358052908487998700276-production-app-host-sas-web-yp-28&amp;wiz_type=vital&amp;filmId=4600715378171541695&amp;url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D3D3IC0c2Aht3E</a>			
Э 2	Циклы холодильных машин . <a href="https://yandex.ru/video/preview/?text=циклы%20холодильных%20машин%20видео&amp;path=wizard&amp;parent-reqid=1608284359651304-1506358052908487998700276-production-app-host-sas-web-yp-28&amp;wiz_type=vital&amp;filmId=3335750408511625839">https://yandex.ru/video/preview/?text=циклы%20холодильных%20машин%20видео&amp;path=wizard&amp;parent-reqid=1608284359651304-1506358052908487998700276-production-app-host-sas-web-yp-28&amp;wiz_type=vital&amp;filmId=3335750408511625839</a>			
Э 3	Принцип работы холодильной машины. <a href="https://ok.ru/video/1611695722912">https://ok.ru/video/1611695722912</a>			
Э 4	Установка низкотемпературной конденсации. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=-gyJgTLgcOg">https://www.youtube.com/watch?v=-gyJgTLgcOg</a>			
Э 5	Низкие температуры. Получение сжиженных газов. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=e1HQG0aZBGE">https://www.youtube.com/watch?v=e1HQG0aZBGE</a>			
6.3. Перечень программного обеспечения				
П 1	Microsoft Office			
П 2	MicrosoftWindows			
П 3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса			
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных				
	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:			
И 1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>			
	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):			
И 2	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>			
И 3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>			

И 4	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И 5	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1	<p>Ауд. 301. Лаборатория промышленной безопасности и экологии. Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моноблок MSI AE2210 HR,</li> <li>- проектор для презентаций Epson EB-485W,</li> <li>- комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.</li> </ul>
7.2	<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся Аудитория № 306. Лаборатория моделирования металлургических процессов и информационных технологий. Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рабочая станция Core i3-4130 – 4 шт,</li> <li>- рабочая станция HP Z420 – 8 шт,</li> <li>- проектор для презентаций Acer X1111 DLP Projector QSV 1032,</li> <li>- комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.</li> </ul> <p>В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения дисциплины «Низкотемпературные технологические процессы и установки» обучающемуся необходимо:

1. Посещать все виды занятий.
2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы.
3. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas).
4. Отчеты по практическим работам рекомендуется выполнять в тетрадях или с использованием MS Office на листах формата А4.
5. Отчеты по расчетным заданиям выполняются с использованием MS Office на листах формата А4.
6. Активно работать с научными базами в сети Интернет.
7. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.

При изучении дисциплины «Низкотемпературные технологические процессы и установки» необходимо использовать следующие учебные издания, разработанные на кафедре металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой и рекомендованные к использованию в учебном процессе:

- Королькова Л.Н. Методические указания для практических занятий по дисциплине «Низкотемпературные технологические процессы и установки» для студентов, обучающихся по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника;
- Королькова Л.Н. Методические указания для домашнего задания по дисциплине «Низкотемпературные технологические процессы и установки» для студентов, обучающихся по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.