

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин
«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Установки ожижения постоянных газов»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Техника и физика низких температур

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2016

Автор программы

 /О.В. Калядин/

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела

 /Ю.Е. Калинин/

Руководитель ОПОП

 /О.В. Калядин/

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

изучение сущности физических процессов и явлений, положенных в основу создания и эксплуатации промышленных криогенных ожижительных установок.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- обеспечить усвоение студентами физических принципов ожижительных циклов, процессов сжатия и расширения газов;
- реализовать освоение студентами методик расчета основных энергетических характеристик ожижительных установок, способов определения числа теоретических тарелок;
- обеспечить приобретение студентами теоретических знаний об общих физических процессах ожижения газов, а также об обратных термодинамических циклах и квазициклах, реализуемых в технических системах, обеспечивающих получение криогенных жидкостей;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Установки ожижения постоянных газов» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Установки ожижения постоянных газов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПКВ-3 - готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

ПКВ-6 - способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в установках ожижения постоянных газов
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке установок ожижения постоянных газов
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения науч-

	но-технических задач при разработке установок ожижения постоянных газов
ПКВ-6	Знать термодинамические принципы работы, принципиальные и технологические схемы, конструкции установок ожижения постоянных газов
	Уметь использовать знания термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации
	Владеть навыками использования знаний термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Установки ожижения постоянных газов» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
Аудиторные занятия (всего)	138	90	48
В том числе:			
Лекции	60	36	24
Практические занятия (ПЗ)	60	36	24
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	-
Самостоятельная работа	114	54	60
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	288	144	144
зач.ед.	8	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
7 семестр							
1	Общие сведения о постоянных газах	Введение. История развития мето-	8	6		18	32

		дов получения низких температур и ожижения газов. Основные этапы искусственного получения наиболее низких температур. История развития методов получения низких температур и ожижения газов. Основные этапы искусственного получения наиболее низких температур. Основные понятия и принципы. Понятие температуры и энтропии. Общий принцип охлаждения. Тепловой закон Нернста. Охлаждение вблизи абсолютного нуля. Некоторые сведения из термодинамики газов Первый закон термодинамики. Энтальпия. Второй закон термодинамики. Энтропия. Энтропийная диаграмма S-T. Понижение температуры газов при расширении с отдачей и без отдачи внешней работы. Физические процессы получения температуры более 2 К Изоэнтропное расширение. Дросселирование сжатого газа. Дифференциальный, интегральный и изотермический эффект Джоуля-Томсона. Процесс расширения из постоянного объема.					
2	Основные понятия о криогенных жидкостях	Криогенные жидкости. Основные понятия. Необходимость получения криогенных жидкостей и области их применения. Особенности технических систем ожижения и замораживания газов Теоретические процессы конденсирования газов. Идеальные процессы ожижения и замораживания газов. Минимальная работа ожижения и замораживания. Реальные процессы конденсирования газов. Теплоты ожижения и замораживания различных криоагентов. Расчет основных параметров, учет потерь.	6	16		18	40
3	Общие физические процессы ожижения газов	Газожидкостные компрессионные трансформаторы тепла Особенности газожидкостных трансформаторов тепла. Общая структурная схема. Рефрижераторы и ожижители. Основы эксергетического анализа работы. Ожижители Линде Ожижители с дроссельной ступенью окончательного охлаждения (СОО). Ожижители с дроссельно-эжекторной СОО. Ожижители с дроссельной СОО и с внешним охлаждением в ступени предварительного охлаждения (СПО). Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме. Ожижители с дроссельной СОО и с внутренним охлаждением в СПО Ожижители среднего давления (Клода). Ожижители высокого давления (Гейландта). Ожижители низкого давления (Капицы). Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме. Ожижители Сименса Ожижители с де-	8	8	4,5	18	38,5

		тандерной СОО. Ожижители с детандерной СОО и с внешним охлаждением в СПО. Ожижители с детандерной СОО и с внутренним охлаждением в СПО. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме.					
4	Очистка и осушка газов	Очистка газов. Удаление механических примесей. Необходимость очистки от пыли. Воздушные фильтры. Сетчатые и ячейковые висциновые фильтры. Непрерывно действующие самоочищающиеся цепные фильтры. Безмасляная очистка. Рулонные фильтры. Осушка газов (вымораживание влаги). Необходимость осушки. Методы осушки. Осушка вымораживанием. Вымораживание влаги в аммиачных теплообменниках в установках высокого и среднего давления. Вымораживание влаги в регенераторах установок низкого давления. Осушка газов (адсорбция влаги). Физическая адсорбция. Сущность процесса. Осушка газа с помощью адсорбентов. Основные адсорбенты, применяемые в криогенном производстве. Сравнительный анализ и особенности применения. Конструкция блоков адсорбционной осушки. Сравнительный анализ и особенности применения. Конструкция блоков адсорбционной осушки. Очистка воздуха от углекислого газа. Методы очистки. Химический метод. Скрубберы и декарбонизаторы. Физические методы очистки воздуха от углекислоты. Вымораживание и адсорбция углекислого газа. Отмывка твердой углекислоты кубовой жидкостью. Комплексная очистка и осушка газа. Комплексная очистка и осушка газа с использованием цеолитов. Природные и синтетические цеолиты. Описание цеолитов, применяемых в криогенном производстве. Конструкция блоков комплексной очистки. Рециркуляционная схема подачи регенерирующего газа. Сравнение с другими методами.	14	6	4,5	20	44,5
8 семестр							
5	Ожижение метана, водорода и неона	Получение метана. Теплофизические и термодинамические свойства метана. Расход энергии для сжижения метана. Циклы ожижения метана. Схема установки для сжижения метана в случае искусственного газа. Теплофизические и термодинамические свойства водорода. Орто- и параводород. Естественная и искусственная конверсия. Получение водорода методом каталитической конверсии. Получение водорода методом электролиза воды. Ожижение водорода методом дросселирования. Принципиальная схема установки	10	14		20	44

		и цикл в T-S диаграмме. Тепловой и материальный балансы цикла, оценка потерь и определение доли получающейся жидкости. Получение жидкого параводорода. Схемы включения реактора в ожижитель. Определение необходимого объема катализатора. Ожижение водорода с использованием других циклов Ожижение водорода в цикле двух давлений. Цикл ожижения водорода с расширением его в детандере (цикл Клода). Гелиево-водородный конденсационный цикл. Сравнение циклов ожижения водорода по энергоэффективности. Неон, получение и основные свойства Получение неона. Теплофизические и термодинамические свойства неона. T-S диаграмма для неона. Перспективы применения жидкого неона как криоагента. Водородные и неоновые ожижители. Техника безопасности при работе с жидкими водородом и неоном.					
6	Ожижение гелия и его основные свойства	Изотопы ^3He и ^4He . Теплофизические и термодинамические свойства газообразного гелия. T-S диаграмма для гелия. Свойства жидкого гелия. Диаграммы состояния ^3He и ^4He . λ -переход. Получение гелия. Сверхтекучесть жидкого гелия. Основные эксперименты, подтверждающие существование сверхтекучего состояния. Термомеханический и механокалорический эффекты. Ползущая пленка жидкости. Двухжидкостная модель. Представления о гелии как о квантовой жидкости. Причины возникновения сверхтекучего состояния. Ожижение гелия в циклах с дросселированием. Классическая схема ожижения гелия с предварительным охлаждением жидкими азотом и водородом. Цикл ожижения гелия со встроенным водородным циклом. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме. Тепловой и материальный балансы циклов, оценка потерь и определение доли получающейся жидкости. Ожижение гелия в циклах с детандером. Схема ожижения гелия с предварительным охлаждением жидкими азотом и расширением части потока в поршневом детандере (схема Капицы). Схема ожижения гелия по циклу с двумя детандерами. Схема ожижения гелия по циклу Коллинса. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме. Тепловой и материальный балансы циклов, оценка потерь и определение доли получающейся жидкости. Ожижение с помощью газовых холодильных машин.	14	10	9	20	53
Итого			60	60	18	114	252

5.2 Перечень лабораторных работ

- Изучение метода комплексной очистки технических газов;
- Изучение принципа действия, конструкции и особенностей эксплуатации установки для получения жидкого азота из атмосферного воздуха ЗИФ – 1002;
- Изучение принципа действия, конструкции и особенностей эксплуатации лабораторного ожижителя гелия Г-8;
- Изучение принципа действия, конструкции и особенностей эксплуатации установки для получения жидкого гелия Г-45.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет и проектирование технологической схемы ожижительной установки»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- анализ литературы по теме курсовой работы;
- определение расчетных параметров и построение схемы установки;
- составление теплового и материального баланса установки в целом;
- составление тепловых балансов основных частей установки и определение расчетных нагрузок теплообменников;
- определение всех материальных и тепловых потоков, а также параметров состояния в узловых точках схемы
- определение общих энергетических затрат установки

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в установках ожижения постоянных газов	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	при разработке установок ожижения постоянных газов		в рабочих программах	в рабочих программах
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке установок ожижения постоянных газов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-6	Знать термодинамические принципы работы, принципиальные и технологические схемы, конструкции установок ожижения постоянных газов	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать знания термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования знаний термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7, 8 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в установках ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке установок ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке установок ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
ПКВ-6	Знать термодинамические принципы работы, принципиальные и технологические схемы, конструкции установок ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь использовать знания термодинамических принципов работы, принципиальных и техно-	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов

	логических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации			
	Владеть навыками использования знаний термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в установках ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке установок ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке установок ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
ПКВ-6	Знать термодинамические принципы работы, принципиальные и технологические схемы, конструкции установок ожижения постоянных газов	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь использовать знания термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками использования знаний термодинамических принципов работы, принципиальных и технологических схем и конструкций	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов

	установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации					
--	--	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. История развития методов получения низких температур и ожижения газов.
2. Основные этапы искусственного получения наиболее низких температур.
3. История развития методов получения низких температур и ожижения газов.
4. Основные этапы искусственного получения наиболее низких температур.
5. Понятие температуры и энтропии.
6. Общий принцип охлаждения. Тепловой закон Нернста.
7. Охлаждение вблизи абсолютного нуля.
8. Первый закон термодинамики. Энтальпия.
9. Второй закон термодинамики. Энтропия.
10. Энтропийная диаграмма S-T.
11. Понижение температуры газов при расширении с отдачей и без отдачи внешней работы.
12. Изоэнтропное расширение.
13. Дросселирование сжатого газа.
14. Дифференциальный, интегральный и изотермический эффект Джоуля-Томсона.
15. Процесс расширения из постоянного объема.
16. Основные понятия. Необходимость получения криогенных жидкостей и области их применения.
17. Особенности технических систем ожижения и замораживания газов
18. Идеальные процессы ожижения и замораживания газов.
19. Минимальная работа ожижения и замораживания.
20. Теплоты ожижения и замораживания различных криоагентов.
21. Расчет основных параметров, учет потерь.
22. Особенности газожидкостных трансформаторов тепла.
23. Общая структурная схема. Рефрижераторы и ожижители.
24. Основы эксергетического анализа работы.
25. Ожижители с дроссельной ступенью окончательного охлаждения (СОО).
26. Ожижители с дроссельно-эжекторной СОО.
27. Ожижители с дроссельной СОО и с внешним охлаждением в ступени предварительного охлаждения (СПО).
28. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме.
29. Ожижители среднего давления (Клода).
30. Ожижители высокого давления (Гейландта).
31. Ожижители низкого давления (Капицы).
32. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме.
33. Необходимость очистки от пыли.

34. Воздушные фильтры.
35. Сетчатые и ячейковые висциновые фильтры.
36. Непрерывно действующие самоочищающиеся цепные фильтры.
37. Безмасляная очистка. Рулонные фильтры.
38. Необходимость осушки.
39. Методы осушки. Осушка вымораживанием.
40. Вымораживание влаги в аммиачных теплообменниках в установках высокого и среднего давления.
41. Вымораживание влаги в регенераторах установок низкого давления.
42. Физическая адсорбция. Сущность процесса.
43. Осушка газа с помощью адсорбентов.
44. Основные адсорбенты, применяемые в криогенном производстве. Сравнительный анализ и особенности применения.
45. Конструкция блоков адсорбционной осушки.
46. Сравнительный анализ и особенности применения. Конструкция блоков адсорбционной осушки.
47. Методы очистки. Химический метод. Скрубберы и декарбонизаторы.
48. Физические методы очистки воздуха от углекислоты.
49. Вымораживание и адсорбция углекислого газа. Отмывка твердой углекислоты кубовой жидкостью.
50. Комплексная очистка и осушка газа с использованием цеолитов.
51. Природные и синтетические цеолиты.
52. Описание цеолитов, применяемых в криогенном производстве.
53. Конструкция блоков комплексной очистки.
54. Рециркуляционная схема подачи регенерирующего газа. Сравнение с другими методами.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Получение метана. Теплофизические и термодинамические свойства метана.
2. Расход энергии для сжижения метана. Циклы ожижения метана.
3. Схема установки для сжижения метана в случае искусственного газа.
4. Теплофизические и термодинамические свойства водорода.
5. Орто- и параводород. Естественная и искусственная конверсия.
6. Получение водорода методом каталитической конверсии.
7. Получение водорода методом электролиза воды.
8. Принципиальная схема установки и цикл в T-S диаграмме.
9. Тепловой и материальный балансы цикла, оценка потерь и определение доли получающейся жидкости.
10. Получение жидкого параводорода. Схемы включения реактора в ожижитель.
11. Определение необходимого объема катализатора.
12. Ожижение водорода в цикле двух давлений.
13. Цикл ожижения водорода с расширением его в детандере (цикл Клода). Гелиево-водородный конденсационный цикл.
14. Сравнение циклов ожижения водорода по энергоэффективности.
15. Получение неона. Теплофизические и термодинамические свойства неона.
16. T-S диаграмма для неона.
17. Перспективы применения жидкого неона как криоагента. Водородные и неоновые ожижители.
18. Техника безопасности при работе с жидкими водородом и неоном.
19. Изотопы ^3He и ^4He . Теплофизические и термодинамические свойства газообразного гелия. T-S диаграмма для гелия.

20. Свойства жидкого гелия. Диаграммы состояния ^3He и ^4He . λ -переход
21. Получение гелия.
22. Основные эксперименты, подтверждающие существование сверхтекучего состояния. Термомеханический и механокалорический эффекты.
23. Ползущая пленка жидкости. Двухжидкостная модель.
24. Представления о гелии как о квантовой жидкости.
25. Причины возникновения сверхтекучего состояния.
26. Классическая схема ожижения гелия с предварительным охлаждением жидким азотом и водородом.
27. Цикл ожижения гелия со встроенным водородным циклом.
28. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме.
29. Тепловой и материальный балансы циклов, оценка потерь и определение доли получающейся жидкости.
30. Схема ожижения гелия с предварительным охлаждением жидкими азотом и расширением части потока в поршневом детандере (схема Капицы).
31. Схема ожижения гелия по циклу с двумя детандерами.
32. Схема ожижения гелия по циклу Коллинса.
33. Принципиальные схемы установок и циклы в T-S диаграмме.
34. Тепловой и материальный балансы циклов, оценка потерь и определение доли получающейся жидкости.
35. Ожижение с помощью газовых холодильных машин.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 5 стандартных задач и 5 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, правильно решенная задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 15 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 20 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о постоянных газах	ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, устный опрос, зачет, экзамен
2	Основные понятия о криогенных жидкостях	ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, устный опрос, зачет, экзамен
3	Общие физические процессы ожижения газов	ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет, экзамен
4	Очистка и осушка газов	ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, защита лабораторных работ, устный

			опрос, зачет, экзамен
5	Ожижение метана, водорода и неона	ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, устный опрос, зачет, экзамен
6	Ожижение гелия и его основные свойства	ПКВ-3, ПКВ-6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, зачет, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

- Милошенко В.Е. Криофизика, 2009
- Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения, 1981

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- SMath Studio
- Mathcad
- Advanced Grapher
- Microsoft Windows 10
- Apache OpenOffice
- Refprop 8.0

- <https://elibrary.ru>

- <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Азотное отделение криогенной лаборатории для проведения лабораторных работ, в которой размещаются:

- воздухоразделительная установка АЖА-0,04
- криогенная газовая машина ЗИФ-1000
- установка, для получения жидкого азота ЗИФ-1002
- гелиевый ожижитель Г-8

Гелиевое отделение криогенной лаборатории для проведения лабораторных работ, в которой размещаются:

- установки для получения жидкого гелия Г-45, КГУ

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения практических занятий

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Установки ожижения постоянных газов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета криогенных ожижительных установок. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе.

	Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.