

**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 2017

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 расчет-

1	Общие сведения о постоянных газах	Введение. История развития методов 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.	8	6	18	32	
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. Ожижи-	8	8	4,5	18	38,5

		тели Сименса Ожижители с детандерной 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	10	14		20	44

		Принципиальная схема установки 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	Решение стандартных	Выполнение работ в срок,	Невыполнение работ в срок,

	решать научно-технические задачи при разработке установок ожижения постоянных газов	практических задач	предусмотренный в рабочих программах	предусмотренный 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 ра-	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных отве-

	боты, принципиальных и технологических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации			тов
	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 техноло-	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных отве-

	гических схем и конструкций установок ожижения постоянных газов при их проектировании, создании и эксплуатации					тов
--	--	--	--	--	--	-----

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.