




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

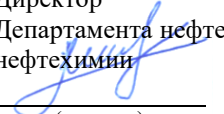
**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор  
Департамента нефтегазовых технологий и  
нефтехимии

  
Гульков А.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

  
Никитина А.В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

« 14 » января 2022 г.

« 14 » января 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и водорода

**Направление подготовки 21.04.01 нефтегазовое дело**

Инновационные технологии в нефтегазовом комплексе

**Форма подготовки очная**

курс 1, 2 семестр 2, 3

лекции 36 час.

практические занятия - час

лабораторные работы 54 час.

в том числе с использованием МАО лек. 20 / пр. - / лаб. 28 час.

всего часов аудиторной нагрузки 90 час.

в том числе с использованием МАО 48 час.

самостоятельная работа 144 час.

в том числе на подготовку к экзамену 54 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект 2 семестр

зачет 2 семестр

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 21.04.01 **Нефтегазовое дело** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 09 февраля 2018 г. № 97

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента нефтегазовых технологий и нефтехимии протокол № 4 от « 14 » января 2022 г.

Директор департамента НГТиНХ Никитина А.В.

Составитель (ли): д.т.н., профессор Гульков А.Н.

Владивосток

2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор Департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор Департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор Департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор Департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Язык реализации: русский.

Цель: изучение свойств природного газа и газогидратов с целью создания установок для создания эффективных технологий транспортирования природного газа.

Задачи:

1. Ознакомить студентов с характеристиками природного газа;
2. Ознакомить с характеристиками газогидратов;
3. Изучить методику анализа аварийных ситуаций на объектах транспортирования сжиженного природного газа.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют формирование следующих компетенций:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, систем и технологических процессов в нефтегазовой отрасли	ПК-3 Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, систем и технологических процессов в нефтегазовой отрасли	ПК-3.2 умение анализировать и определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом
Способность осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в нефтегазовой отрасли	ПК-4 Способность осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в нефтегазовой отрасли	ПК-4.1 знание правил эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства  ПК-4.4 владение навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства
Способность осуществлять разработку и внедрение новой техники и передовых	ПК-5 Способность осуществлять разработку и внедрение новой техники и	ПК-5.1 знание преимуществ и недостатков применяемых современных технологий и эксплуатации

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
технологий на объектах нефтегазовой отрасли	передовых технологий на объектах нефтегазовой отрасли	технологического оборудования
Способность разрабатывать предложения по повышению эффективности использования имеющихся материально-технических ресурсов	ПК-7 Способность разрабатывать предложения по повышению эффективности использования имеющихся материально-технических ресурсов	ПК-7.2 умение определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности, применять методику проектирования	ПК-8 Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности, применять методику проектирования	<p>ПК-8.1 знание методик проектирования в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативные документов и методик основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ</p> <p>ПК-8.2 умение проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки</p> <p>ПК-8.3 владение навыками обоснования внедрения современных энергосберегающих технологий</p> <p>ПК-8.4 демонстрация опыта составления собственных проектов для заданных условий</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.2 умение анализировать и определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом	Знает основное нефтегазовое оборудование применяемого в РФ и за рубежом
	Умеет анализировать и определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом
	Владеет навыками определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-4.1 знание правил эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства	Знает правила эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства
	Умеет использовать правила эксплуатации технологического оборудования, машин, механизмов нефтегазового производства
	Владеет навыками руководствоваться правилами эксплуатации технологического оборудования, машин, механизмов нефтегазового производства
ПК-4.4 владение навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства	Знает технологическое оборудование, конструкции, объекты, машины, механизмы нефтегазового производства
	Умеет эксплуатировать технологическое оборудование, конструкции, объекты, машины, механизмы нефтегазового производства
	Владеет навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства
ПК-5.1 знание преимуществ и недостатков применяемых современных технологий и эксплуатации технологического оборудования	Знает преимущества и недостатки применяемых современных технологий и эксплуатации технологического оборудования
	Умеет выявлять преимущества и недостатки применяемых современных технологий
	Владеет навыками определять преимущества и недостатки применяемых современных технологий
ПК-7.2 умение определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты	Знает потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
	Умеет определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
	Владеет навыками определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
ПК-8.1 знание методик проектирования в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативных документов и методик основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ	Знает методики проектирования в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативные документы и методики основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ
	Умеет использовать при проектировании в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативные документы и методики основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ
	Владеет навыками проектирования в нефтегазовой отрасли с использованием пакетов программ

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-8.2 умение проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки	Знает технологию проектирования
	Умеет проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки
	Владеет навыками проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки
ПК-8.3 владение навыками обоснования внедрения современных энергосберегающих технологий	Знает энергосберегающие технологии
	Умеет обосновать целесообразность внедрения современных энергосберегающих технологий
	Владеет навыками обоснования внедрения современных энергосберегающих технологий
ПК-8.4 демонстрация опыта составления собственных проектов для заданных условий	Знает технологию составления собственных проектов для заданных условий
	Умеет разрабатывать собственные проекты
	Владеет опытом составления собственных проектов для заданных условий

Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачётных единиц / 288 академических часов. Является частью, формируемой участниками образовательных отношений, изучается на 1 курсе 2 семестра и на 2 курсе 3 семестра завершается зачетом, экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 36 часов (за 2 семестра), лабораторных работ в объеме 54 часа (за 2 семестра), в том числе интерактивные лабораторные занятия в объеме 20 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента - 198 часов.

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (36 часов)

**МОДУЛЬ 1. «Эффективность способов подготовки природного газа в аспекте транспортной логистики».**

*Раздел 1. Характеристика и состав мирового топливно-энергетического комплекса (2 часа).*

*Тема 1. Состояние, проблемы и перспективы развития мирового ТЭК (1 час).*

Состав и специфика ТЭК. Состояние, проблемы и перспективы развития мирового нефтегазового комплекса.

**Тема 2. Состояние, проблемы и перспективы развития мировой энергетики(1 час).**

Состояние, проблемы и перспективы развития мировой энергетики.

**Раздел 2. Технологическая инфраструктура обращения с природным газом в различных агрегатных состояниях (8 часов).**

**Тема 1. Установки сжижения природного газа (2 часа)**

Основные подходы к сжижению природного газа. Классификация термодинамических циклов, применяющихся для сжижения природного газа. Сравнительный анализ термодинамических циклов, применяющихся для сжижения природного газа. Основные подходы к конверсии природного газа в газогидратное состояние. Классификация способов конверсии природного газа в газогидратное состояние. Сравнительный анализ способов конверсии природного газа в газогидратное состояние.

**Тема 2. Технические средства транспортировки и хранения природного газа в различных агрегатных состояниях (2 часа).**

Классификация криогенных танкеров и резервуаров. Основные конструктивные особенности криогенных танкеров и резервуаров. Средства транспортировки СПГ по ж/д. Средства транспортировки СПГ автомобильным транспортом. Методы транспортировки СПГ по трубопроводам.

**МОДУЛЬ 2. «Термодинамические циклы сжижения природного газа».**

**Раздел 1. Термодинамические циклы крупнотоннажных установок сжижения природного газа (4 часа).**

**Тема 1. Каскадные циклы получения сжиженного природного газа (2 часа).**

Достоинства и недостатки каскадных циклов. Примеры успешного применения каскадных циклов. Особенности применения расчётных методик для проведения тепловых расчётов каскадных циклов.

**Тема 2. Циклы получения сжиженного природного газа на основе смесевых хладагентов (1 час).**

Достоинства и недостатки смесевых циклов. Примеры успешного применения смесевых циклов. Особенности применения расчётных методик для проведения тепловых расчётов смесевых циклов.

**Тема 3. Модифицированные циклы получения сжиженного природного газа(1 час)**

Особенности циклов для проектирования плавучих установок сжижения природного газа. Причины применения двуокиси и азота в качестве хладагентов при проектировании плавучих установок сжижения природного газа.

**Раздел 2. Термодинамические циклы малотоннажных установок сжижения природного газа (4 часа).**

**Тема 1. Термодинамические циклы малотоннажных установок сжижения природного газа на основе двуокиси углерода (2 часа)**

Безопасность, как основной приоритет при проектировании малых установок сжижения природного газа.

**Тема 2. Термодинамические циклы малотоннажных установок сжижения природного газа на основе азота (2 часа).**

Использование цикла Линде, в качестве базового, при проектировании малых установок сжижения природного газа. Использование детандеров и вихревых труб при проектировании малых установок сжижения природного газа.

**МОДУЛЬ 3. РАЗРАБОТКА ГАЗОГИДРАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Раздел I. Разработка морских газогидратных месторождений (6 час.)**

**Тема 1. Основные подходы при разработке морских газогидратных месторождений (1 час.)**

Диаграмма Розебома-Штакельберга, как основной инструмент, позволяющий определять стабильность газовых гидратов. Тепловой способ разработки морских газогидратных месторождений. Использование ингибиторов гидратообразования при разработке морских газогидратных месторождений. Способ снижения давления



в продуктивных пластах при разработке морских газогидратных месторождений.  
Способ разложения газогидрата метана гидратом двуокиси углерода.

### **Тема 2. Тепловой способ разработки морских газогидратных месторождений (1 час.)**

Достоинства и недостатки теплового способа разработки морских газогидратных месторождений. Основные способы, позволяющие подводить тепловую энергию к залежам газовых гидратов.

### **Тема 3. Использование ингибиторов гидратообразования при разработке морских газогидратных месторождений (1 час)**

Достоинства и недостатки способа разработки морских газогидратных месторождений, основанного на использовании ингибиторов гидратообразования. Основные ингибиторы гидратообразования, используемые при разработке морских газогидратных месторождений.

### **Тема 4. Способ снижения давления в продуктивных пластах при разработке морских газогидратных месторождений (1 час).**

Достоинства и недостатки способа разработки морских газогидратных месторождений, основанного на снижении давления в продуктивных пластах. Основные типы насосного оборудования и средств их размещения, используемого при разработке морских газогидратных месторождений.

### **Тема 5. Способ разложения газогидрата метана гидратом двуокиси углерода(2 часа)**

Достоинства и недостатки способа разработки морских газогидратных месторождений метана, основанного на формировании в продуктивных пластах гидрата двуокиси углерода. Основные проблемы, препятствующие внедрению данного способа.

### **Раздел 2. Разработка материковых газогидратных месторождений (4 часа)**

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Лабораторные работы (54 часа)**

## **Занятие 1-2. Основные способы сжижения природного газа и методы расчёта их термодинамических циклов (6 часов).**

1. Изучение способов сжижения природного газа.
2. Изучение методов расчета установок сжижения природного газа.
3. Расчет показателей энергоэффективности технологий сжижения природного газа.
4. Разработка мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок сжижения природного газа.

## **Занятие 3. Состав и структура индустрии сжижения природного газа (8 часов).**

1. Изучение состава и структуры индустрии сжижения природного газа.
2. Определение параметров термодинамического состояния природного газа при его подготовке к сжижению.
3. Определение параметров термодинамического состояния природного газа непосредственно при его сжижении.
4. Тепловой расчёт каскадной холодильной установки, использующей в качестве хладагентов метан, этан, пропан.
5. Тепловой расчёт каскадной холодильной установки, использующей в качестве хладагентов метан, этилен, пропан.
6. Разработка мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок, использующих в качестве хладагента пропан.
7. Разработка мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок, использующих в качестве хладагента CO<sub>2</sub>.

## **Занятие 4. Исследование каскадного цикла сжижения природного газа(8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит каскадный цикл сжижения природного газа.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменники аппараты.

5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

**Занятие 5-6. Исследование цикла Линде сжижения природного газа (16 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл Линде.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.

Определение производительности насосного оборудования.

**Занятие 7-8. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего смесь хладагентов DMR(16 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл DMR.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

**Занятие 9. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего, в качестве хладагента азот (8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл, использующего в качестве хладагента азот.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

### **Занятие 10. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего, в качестве хладагента CO<sup>2</sup> (8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл, использующего в качестве хладагента CO<sub>2</sub>.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

### **Занятие 11. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего его дросселирование (8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл, использующего его дросселирование.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

### **Занятие 12. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего его детандирование (8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл, использующего его детандирование.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

### **Занятие 13. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего его эжектирование (8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл, использующего его эжектирование.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

#### **Занятие 14. Исследование цикла сжижения природного газа, использующего, в качестве хладагента азот (8 часов).**

1. Изучение отдельных процессов, из которых состоит цикл, использующего в качестве хладагента азот.
2. Определение объёмной производительности компрессора.
3. Определение работы сжатия.
4. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
5. Определение площади сечения трубопроводов установки.
6. Определение производительности насосного оборудования.

#### **Вопросы к зачету и экзамену.**

1. Основные подходы к сжижению природного газа.
2. Классификация термодинамических циклов, применяющихся для сжижения природного газа.
3. Конверсия природного газа в газогидратное состояние.
4. Классификация криогенных танкеров и резервуаров.
5. Основные конструктивные особенности криогенных танкеров и резервуаров.
6. Особенности применения расчётных методик для проведения тепловых расчётов каскадных циклов.
7. Причины применения двуокиси и азота в качестве хладагентов при проектировании плавучих установок сжижения природного газа.
8. Использование детандеров и вихревых труб при проектировании малых установок сжижения природного газа.

9. Метод сжижения по Фишеру-Тропшу.
10. Разработка морских газогидратных месторождений.
11. Способ разложения газогидрата метана гидратом двуокиси углерода.
12. Достоинства и недостатки теплового способа разработки морских газогидратных месторождений. Основные способы, позволяющие подводить тепловую энергию к залежам газовых гидратов.
13. Основные типы насосного оборудования и средств их размещения, используемого при разработке морских газогидратных месторождений.
14. Способ разложения газогидрата метана гидратом двуокиси углерода.
15. Основные ингибиторы гидратообразования, используемые при разработке материковых газогидратных месторождений.
16. Основные способы сжижения природного газа.
17. Основные методы расчета установок сжижения природного газа.
18. Основные методы расчёта показателей энергоэффективности технологий сжижения природного газа.
19. Основные мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию установок сжижения природного газа.
20. Состав и структура индустрии сжижения природного газа.
21. Способы определения параметров термодинамического состояния природного газа при его сжижении.
22. Тепловой расчёт каскадной холодильной установки, использующей в качестве хладагентов метан, этан, пропан.
23. Процессы, из которых состоит каскадный цикл сжижения природного газа.
24. Определение производительности компрессора.
25. Определение работы сжатия компрессора.
26. Определение тепловой нагрузки на теплообменные аппараты.
27. Определение площади сечения трубопроводов установки.
28. Определение производительности насосного оборудования.
29. Процессы, из которых состоит цикл DMR.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ**

## РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Подготовка к лабораторным занятиям, изучение литературы	6 часов	Работа на лабораторных занятиях (ПР-6)
2	1-3 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 1	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
3	4-6 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 2	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
4	7-9 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 3	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
5	10-12 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 4	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
6	13-15 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 5	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
7	16-18 неделя семестра	Подготовка к зачету	36 часов	зачет
8	20-22 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 5	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
9	22-24 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 5	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
10	24-26 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 5	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
11	26-28 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 5	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
12	28-30 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)

		№ 5		
13	32-34 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы № 5	6 часов	ПР-6 (лабораторная работа)
14	34-36 неделя семестра	Подготовка к экзамену	36 часов	экзамен
Итого:			144 часа	

## Рекомендации по самостоятельной работе студентов

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратите внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

*Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при написании эссе рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для



поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

### Критерии оценки.

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме, реферировать литературные источники; методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области.. Студент умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
<b>«не зачтено»</b>	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать литературные источники. Эссе не выполнено.

## **I. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. ESN – WayForwardSECA. ReportESN. 2014;
2. <http://knutsenoas.com/shipping/Ing-carriers/pioneer/>;

3. Egil Rensvik. Experience from Norwegian Small Scale LNG. Conference «LNG Powering the Future in INDIA». 2015;
4. ESN – Way Forward SECA. Report ESN. 2014;
5. <http://www.lngworldnews.com/jensen-maritime-to-design-lng-bunker-barges-usa/>;
6. Designing a new level of performance. Rolls-Royce plc. 2016. [www.rolls-royce.com](http://www.rolls-royce.com);
7. Roger Nilsson. LNG ship newbuilding "From project start to goal". REDERI AB DONSÖTANK. 2014;
8. Rob Almeida. Wartsila Hamworthy wins third FSRU Regasification Contract with Hoegh LNG. 2017. <http://gcaptain.com/wartsila-hamworthy-wins-fsru/>;
9. C. Landry, T. Tilmann. Asset optimization of new power projects with gas turbine inlet air cooling. TAS Energy. Houston, USA. 2019;
10. J. Forsyth, P. Eng. Gas turbine inlet air chilling for LNG. TAS Energy. 17 International Conference & Exhibition On Liquefied Natural Gas. 2019;
11. C. Landry, T. Tilmann. Asset optimization of new power projects with gas turbine inlet air cooling. Houston, USA. 2017;
12. R. Zogg. Using Microturbines. ASHRAE Journal. April 2017.

### **Дополнительная литература**

1. Справочник по физико-техническим основам криогеники, Под редакцией М. П. Малкова, 2 изд., М., 1973; Клименко А. П., Сжиженные углеводородные газы, 3 изд., М., 1974; Берлин М. А., Гореченков В. Г., Волков Н. П., Переработка нефтяных и природных газов, М., 1981.
2. Архаров А.М. Криогенные системы: учебник для студентов ВУЗов по специальности «Физика и техника низких температур». М. Машиностроение, 1996 г. 576 с., с илл.;
3. Герш С.Я. Глубокое охлаждение. Издательство Советская наука. М. 1957, Часть I, II.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине **«Использование, транспорт и хранение сжиженного природного  
газа и водорода»**

**Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»**

Магистерская программа **«Инновационные технологии в нефтегазовом комплексе»**

Квалификация выпускника - магистр

**Форма подготовки: очная**

**Квалификация выпускника – магистр**

**Владивосток,  
2022**

**Паспорт Фонда оценочных средств по дисциплине  
«Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и  
водорода»**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.2 умение анализировать и определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом	Знает основное нефтегазовое оборудование применяемого в РФ и за рубежом
	Умеет анализировать и определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом
	Владеет навыками определять преимущества и недостатки применяемого технологического оборудования в РФ и за рубежом
ПК-4.1 знание правил эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства	Знает правила эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства
	Умеет использовать правила эксплуатации технологического оборудования, машин, механизмов нефтегазового производства
	Владеет навыками руководствоваться правилами эксплуатации технологического оборудования, машин, механизмов нефтегазового производства
ПК-4.4 владение навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства	Знает технологическое оборудование, конструкции, объекты, машины, механизмы нефтегазового производства
	Умеет эксплуатировать технологическое оборудование, конструкции, объекты, машины, механизмы нефтегазового производства
	Владеет навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования, конструкций, объектов, машин, механизмов нефтегазового производства
ПК-5.1 знание преимуществ и недостатков применяемых современных технологий и эксплуатации технологического оборудования	Знает преимущества и недостатки применяемых современных технологий и эксплуатации технологического оборудования
	Умеет выявлять преимущества и недостатки применяемых современных технологий
	Владеет навыками определять преимущества и недостатки применяемых современных технологий
ПК-7.2 умение определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты	Знает потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
	Умеет определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
	Владеет навыками определять потребность в материально-технических ресурсах для обеспечения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	технологического процесса нефтегазового производства, предложить альтернативные варианты
ПК-8.1 знание методик проектирования в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативных документов и методик основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ	Знает методики проектирования в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативные документы и методики основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ
	Умеет использовать при проектировании в нефтегазовой отрасли, инструктивно-нормативные документы и методики основных расчетов, в том числе с использованием пакетов программ
	Владеет навыками проектирования в нефтегазовой отрасли с использованием пакетов программ
ПК-8.2 умение проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки	Знает технологию проектирования
	Умеет проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки
	Владеет навыками проводить анализ исходных данных для задач проектирования, выявлять проблемные точки
ПК-8.3 владение навыками обоснования внедрения современных энергосберегающих технологий	Знает энергосберегающие технологии
	Умеет обосновать целесообразность внедрения современных энергосберегающих технологий
	Владеет навыками обоснования внедрения современных энергосберегающих технологий
ПК-8.4 демонстрация опыта составления собственных проектов для заданных условий	Знает технологию составления собственных проектов для заданных условий
	Умеет разрабатывать собственные проекты
	Владеет опытом составления собственных проектов для заданных условий

### Контроль достижения целей курса

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Разделы 1.1-1.2, 2.1-2.2,	ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-8; ПК-7	знает (все)	Реферат (УО-3), Конспект (ЛР-7)	Собеседование (УО-1): Вопросы
			умеет (все)		
			владеет (все)		
2	Раздел 3.1-3.2		знает (все)		Собеседование (УО-1): Вопросы

### Текущая аттестация студентов

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и водорода» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В случае участия дисциплины «Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и водорода» в рейтинге, текущая аттестация проводится в форме следующих контрольных мероприятий:

Наименование контрольного мероприятия	Форма контроля	Объекты оценивания
Посещение всех видов занятий	контроль посещаемости	посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине, активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий
Конспект	конспект лекций	результаты самостоятельной работы
Презентация	подготовка и защита презентаций	
Контрольная работа	Проверка результатов контрольной работы	степень усвоения теоретических знаний и практических навыков; результаты самостоятельной работы
Курсовая работа	Проверка и защита курсовой работы	степень усвоения теоретических знаний и результатов самостоятельной работы

### Шкала соответствия рейтинга по дисциплине и оценок

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
От 85% до 100%	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
От 70% до 84%	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос,

		правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
От 51% до 69%	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
Менее 50%	«не зачтено»/ «неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Оценочные средства для текущей аттестации

Код ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
УО-1	Конспект	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам дисциплины 1-29
УО-3	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
ПР-2	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
ПР-7	Курсовая	Продукт самостоятельной работы обучающегося, отражающий основные идеи заслушанных лекций и самостоятельной работы	Разделы 1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1-3.2 дисциплины

### Примерная тематика рефератов 2 семестр

#### Варианты самостоятельной контрольной работы (темы реферата)

1. Детандеры, регазификаторы, рекуператоры, и хранилища СПГ
2. Специфические циклы СПГ, процессы

3. Тепловая изоляция трубопроводов и резервуаров
4. Транспорт СПГ и газогидратов
5. Схема процесса синтеза по Фишеру-Тропшу
6. Изучение транспортных свойств смесей углеводородов в закритическом состоянии
7. Особенности проектирования и строительства комбинированных АЗС в условиях Дальнего Востока
8. Экспериментальное исследование воздействия газов интенсификаторов на кинетику процесса замещения метана двуокисью углерода в гидрате метана
9. Прокладка трубопроводов в условиях вечной мерзлоты
10. Оптимизация систем газоснабжения Республики Тыва
11. Исследование системы метрологического обеспечения, измерения и учета попутного нефтяного газа
12. Использование подводных добычных комплексов при разработке арктических нефтегазовых месторождений
13. Изменение реологических свойств нефти при применении присадок
14. Влияние ультразвука на водонефтяные эмульсии
15. Применение методов озонирования водонефтяных эмульсий
16. Разведка нефтегазовых месторождений на Арктическом шельфе
17. Охлаждение ДВС с помощью вихревой трубы
18. Особенности газоснабжения населенных пунктов арктического региона на примере Республики Саха (Якутия)
19. Тепловизионный контроль объектов нефтегазового комплекса
20. Исследование влияния физических полей на процесс разделения водонефтяных эмульсий

#### **Критерии оценки презентации доклада**

Оценка	50-60 баллов (неудовлетворитель- но)	61-75 баллов (удовлетворитель- но)	76-85 баллов (хорошо)	86-100 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Раскрытие проблемы	Проблема не раскрыта.	Проблема не раскрыта полностью.	Проблема раскрыта. Проведен анализ	Проблема раскрыта полностью.



	Отсутствуют выводы	Выводы не сделаны и/или выводы не обоснованы	проблемы без привлечения дополнительной литературы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы	Проведен анализ проблемы с привлечением дополнительной литературы. Выводы обоснованы
Представлен	Представляемая информация логически не связана. Не использованы профессиональные термины	Представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна, использовано 1-2 профессиональных термина	Представляемая информация не систематизирована и последовательна. Использовано более 2 профессиональных терминов	Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Использовано более 5 профессиональных терминов
Оформление	Не использованы технологии Power Point. Больше 4 ошибок в представляемой информации	Использованы технологии Power Point частично. 3-4 ошибки в представляемой информации	Использованы технологии Power Point. Не более 2 ошибок в представляемой информации	Широко использованы технологии (Power Point и др.). Отсутствуют ошибки в представляемой информации
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы	Только ответы на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные, с приведением примеров и/или пояснений

### Примерные вопросы к контрольной работе 2 семестр

1. Процессы каскадного цикла сжижения природного газа
2. Процессы цикла Линде
3. Производительность насосного оборудования в цикле Линде
4. Основные процессы цикла Линде
5. Производительность насосного оборудования в цикле DMR
6. Основные процессы цикла сжижения природного газа, использующего дросселирование
7. Тепловой расчет цикла сжижения природного газа при детандировании
8. Тепловой расчет цикла сжижения природного газа, использующего эжектирование

9. Тепловой расчет цикла сжижения природного газа, использующего в качестве хладагента азот
10. Определение объемной производительности компрессора
11. Анализ термодинамических циклов, применяющихся для сжижения природного газа.
12. Конверсия природного газа в газогидратное состояние.
13. Классификация способов конверсии природного газа в газогидратное состояние.
14. Сравнительный анализ способов конверсии природного газа в газогидратное состояние
15. Циклы получения природного газа
16. Основные этапы проектирования установок сжижения природного газа
17. Условия стабильности газовых гидратов
18. Способы разработки морских газогидратных месторождений
19. Показатели энергоэффективности технологических схем сжижения природного газа
20. Условия безопасности процесса эксплуатации установок сжиженного природного газа

**Критерии оценки контрольных работ  
по дисциплине «Использование, транспорт и хранение сжиженного  
природного газа и водорода»**

Оценка «отлично» (16-20 баллов) – работа выполнена в полном объеме, ответы на вопросы верные, краткие, алгоритм решения задачи и ответ верен.

Оценка «хорошо» (12-15 баллов) – работа выполнена в основном правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя, алгоритм решения задачи и ответ верен.

Оценка «удовлетворительно» (8-11 баллов) – работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущено 1-2 существенных ошибки, алгоритм решения задачи верен, ответ не точен.

Оценка «неудовлетворительно» (7 баллов и менее) – допущены три (и более) существенные ошибки в ходе работы, которые студент не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

В случае участия дисциплины «Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и водорода» в рейтинге, контрольная работа рассматривается в качестве контрольного мероприятия по данной дисциплине.

### Критерии оценки конспекта

Конспект засчитывается студенту при соответствии более 50% приведенных ниже критериев.

Конспект не засчитывается студенту при соответствии менее 50% приведенных ниже критериев:

- объем и содержательность конспекта, соответствие плану;
- наличие основных схем процессов промышленной подготовки нефти и газа;
- наличие расчетных алгоритмов с описанием формул и их составляющих;
- отражение основных положений, результатов работы автора, выводов;
- графическое выделение особо значимой информации;
- сдача конспекта в срок.

### Промежуточная аттестация студентов

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и водорода» проводится в форме ответов на тестовые задания.

### Контрольные вопросы к промежуточной аттестации (тесты)

1- Тест на тему: Физические свойства СУГ.

1\_обозначьте основные этапы подготовки газа перед сжижением

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_



2\_Какое количество электроэнергии (в кВт) потребуется для охлаждения 85 кг пропана из состояния перегретого пара в жидкость, если процесс будет длиться 5

минут? (Ватт = Дж/с). Энтальпия жидкости  $I_{ж} = 98,5$  кДж/кг. Энтальпия перегретого пара  $I_{п.п} = 518,5$  кДж/кг.

3\_ Температура инверсии водорода  $-73^{\circ}\text{C}$ . Как изменится температура водорода при дросселировании, если его изначальная температура  $-50^{\circ}\text{C}$ ?

## 2- Тест на тему: Физические свойства СУГ.

1\_ обозначьте основные этапы подготовки газа перед сжижением

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_



2\_ Какое количество электроэнергии (в кВт) потребуется для охлаждения 85 кг пропана из состояния перегретого пара в жидкость, если процесс будет длиться 5 минут? (Ватт = Дж/с). Энтальпия жидкости  $I_{ж} = 98,5$  кДж/кг. Энтальпия перегретого пара  $I_{п.п} = 518,5$  кДж/кг.

3\_ Температура инверсии водорода  $-73^{\circ}\text{C}$ . Как изменится температура водорода при дросселировании, если его изначальная температура  $-50^{\circ}\text{C}$ ?

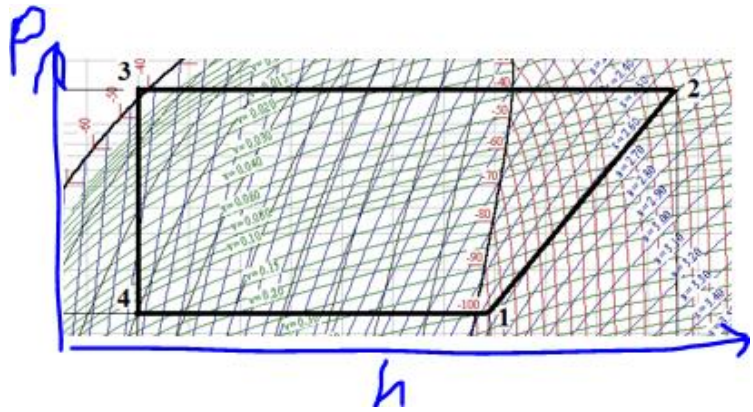
Correct answers: 1. Входная сепарация – фракции нефти, воды 2. Удаление кислых примесей ( $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{CO}_2$ ) 3. Осушка – удаление влаги (+удаление меркаптана) 4. Удаление ртути.

2. Выделяемая теплота =  $518,5 - 98,5 = 420$  кДж/кг. На 85 кг:  $420 * 85 = 35700$  кДж  
 За 5 минут потребуется:  $35\ 700$  кВт-сек / 5 мин / 60 мин/сек =  $\sim 120$  кВт  
 3. возрастет.

3-Тест на тему: Тепловой расчет.

Учащийся \_\_\_\_\_

1) Термодинамический цикл хладагента ветви представлен на рисунке справа. Определите теоретическую мощность привода компрессора (в кВт), если  $h_2 = 548 \text{ kJ/kg}$ ;  $h_1 = 413 \text{ kJ/kg}$ ; удельный массовый расход хладагента  $M_{\text{км}} = 85 \text{ kg/s}$ .

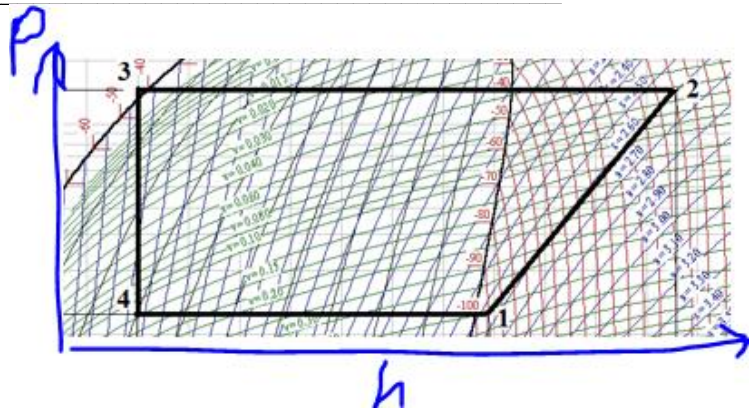


- 2) Для задачи №1 определите требуемую холодопроизводительность холодильной установки (в кВт), если  $h_3 = 43 \text{ kJ/kg}$
- 3) Для задачи №1 – определите теоретическую нагрузку на конденсатор, кВт.

#### 4-Тест на тему: Тепловой расчет.

Учащийся \_\_\_\_\_

1) Термодинамический цикл хладагента ветви представлен на рисунке справа. Определите теоретическую мощность привода компрессора, если  $h_2 = 548 \text{ kJ/kg}$ ;  $h_1 = 413 \text{ kJ/kg}$ ; удельный массовый расход хладагента  $M_{\text{км}} = 85 \text{ kg/s}$ .



- 2) Для задачи №1 определите требуемую холодопроизводительность холодильной установки (в кВт), если  $h_3 = 43 \text{ kJ/kg}$
- 3) Для задачи №1 – определите теоретическую нагрузку на конденсатор, в кВт.

Решение: 1 – найдем удельную теоретическую работу сжатия в компрессоре – это разница  $h_2$  и  $h_1$ :  $L_{\text{км}} = 548 - 413 = 135 \text{ kJ/kg}$ , перемножим  $l_{\text{км}}$  на расход – будет теоретическая мощность компрессора. ;  $135 \text{ kJ/kg} \times 85 \text{ kg/s} = 11\,475 \text{ kJ/s (kW)}$

Решение:  $2 - h_4 = h_3$  ; Удельная массовая холодопроизводительность хладагента  $q_0 = (h_1 - h_4) = 413 - 43 = 370 \text{ kJ/kg}$  ;  
 $Q_0 \text{ TP} = M_{\text{км}} \times q_0 = 85 \text{ kg/s} \times 370 \text{ kJ/kg} = 31\,450 \text{ kJ/s (kW)}$

Решение: 3 - Удельная тепловая нагрузка на конденсатор-испаритель  $q_{\text{КД}} = (h_2 - h_3) = 548 - 43 = 505 \text{ kJ/kg}$  ;  $Q_{\text{кдт}} = M_{\text{кд}} (M_{\text{км}}) \times q_{\text{КД}} = 85 * 505 = 42\,925 \text{ kW}$

### 5- Тест на тему: Детандеры и теплоизоляция.

ФИО: \_\_\_\_\_

1\_Изоэнтروпическая эффективность расширения в турбодетандере равна 82%. При расширении хладагента как в идеальном, так и в реальном процессе, его изначальная энтальпия равна  $h_2 = h_2's = 420 \text{ кДж/кг}$ . В идеальном случае, энтальпия изменяется до  $h_1's = 415 \text{ кДж/кг}$ . Определите какой будет энтальпия хладагента после расширения в реальном процессе ( $h_1 - ?$  , кДж / кг).

2\_назовите один из трех видов термического сопротивления, которое влияет на коэффициент теплопередачи резервуара СПГ (желательно, наиболее влиятельный)

3\_Расчитайте общий коэффициент теплопередачи ( $\text{Вт / м}^2\text{-}^\circ\text{К}$ ) резервуара, при использовании материала со следующими характеристиками: коэффициент теплоотдачи от материала ко внутренней среде равен  $200 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ , Коэффициент теплопередачи тепловой изоляции стенкам резервуара равен  $0,035 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ . Толщина теплоизоляции 10 см. Коэффициент теплоотдачи от окружающей среды к наружной поверхности принять равным  $25 \text{ Вт / м}^\circ\text{С}$ .

---

### 6-Тест на тему: Детандеры и теплоизоляция.

ФИО: \_\_\_\_\_

1\_Изоэнтропическая эффективность расширения в турбодетандере равна 82%. При расширении хладагента как в идеальном, так и в реальном процессе, его изначальная энтальпия равна  $h_2 = h_2's = 420 \text{ кДж/кг}$ . В идеальном случае, энтальпия изменяется до  $h_1's = 415 \text{ кДж/кг}$ . Определите какой будет энтальпия хладагента после расширения в реальном процессе ( $h_1 - ?$  , кДж / кг).

2\_назовите один из трех видов термического сопротивления, которое влияет на коэффициент теплопередачи резервуара СПГ (желательно, наиболее влиятельный)

3\_Расчитайте общий коэффициент теплопередачи ( $\text{Вт / м}^2\text{-}^\circ\text{К}$ ) резервуара, при использовании материала со следующими характеристиками: коэффициент теплоотдачи от материала ко внутренней среде равен  $200 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ , Коэффициент теплопередачи тепловой изоляции стенкам резервуара равен  $0,035 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ . Толщина теплоизоляции 10 см. Коэффициент теплоотдачи от окружающей среды к наружной поверхности принять равным  $25 \text{ Вт / м}^\circ\text{С}$ .

1\_Решение, пояснение:

$$h_2 - h_1 = dh$$

$$h_2's - h_1's = dh's$$

$$dh/dh's = E$$

$$(h_2 - h_1) / (h_2's - h_1's) = E$$

$$E \cdot h_2's - E \cdot h_1's = h_2 - h_1$$

$$h_1 = h_2 - E \cdot h_2 + E \cdot h_1's = 420 - 0.82 \cdot 420 + 0.82 \cdot 415 \approx 416$$

2\_Answer: 1. между окружающей средой (ОС) и стенкой резервуара.

2. **тепловой изоляции**; 3. между тепловой изоляцией и находящимся в резервуаре СПГ.

$$\text{Ответ: } k = 1 / ( 1/25 + 10/0,035 + 1/200 ) = 0,345 \text{ Вт / м}^2\text{-}^\circ\text{К}$$

### 7-Тест на тему: Холодильные машины.

ФИО \_\_\_\_\_

1. Ниже изображен процесс охлаждения воздуха, на психрометрической диаграмме.

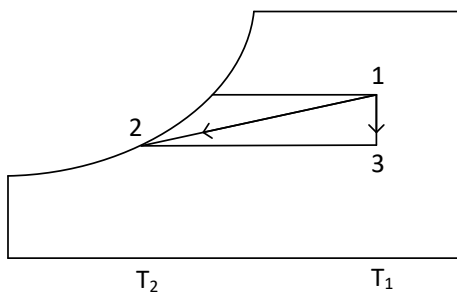
Подпишите какой из процессов 1-2 / 1-3 / 3-2

является каким из данных:

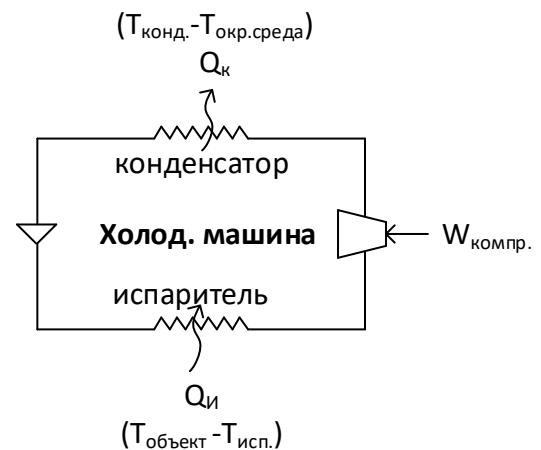
Охлаждение по явной теплоте (Sensible cooling): \_\_\_\_\_

Охлаждение по скрытой теплоте (latent cooling): \_\_\_\_\_

Суммарное охлаждение: \_\_\_\_\_



2. Укажите стрелками или цифрами направление движения хладагента:



3. 32 000 м<sup>3</sup>/час воздуха охлаждается с 30°C до температуры 25°C. Определите теплоту, выделенную при явном охлаждении, используя приближенную величину произведения плотности воздуха и его удельной теплоемкости  $\rho C_p = 0.937 \text{ кДж/м}^3\text{-К}$ .

### 8-Тест на тему: Холодильные машины.

ФИО \_\_\_\_\_

1. Ниже изображен процесс охлаждения воздуха, на психрометрической диаграмме.

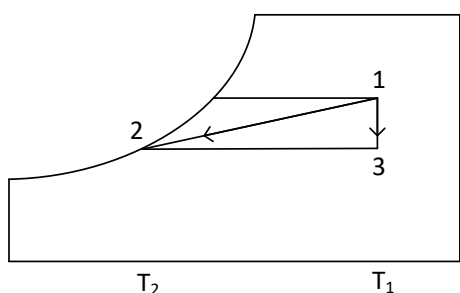
Подпишите какой из процессов 1-2 / 1-3 / 3-2

является каким из данных:

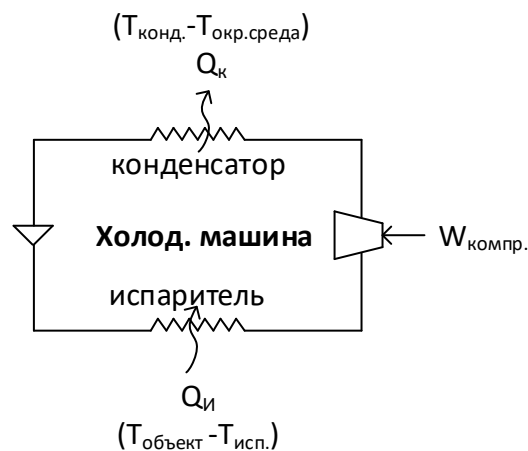
Охлаждение по явной теплоте (Sensible cooling): \_\_\_\_\_

Охлаждение по скрытой теплоте (latent cooling): \_\_\_\_\_

Суммарное охлаждение: \_\_\_\_\_



2. Укажите стрелками или цифрами направление движения хладагента:



3. 32 000 м<sup>3</sup>/час воздуха охлаждается с 30°C до температуры 25°C. Определите теплоту, выделенную при явном охлаждении, используя приближенную величину произведения плотности воздуха и его удельной теплоемкости  $\rho c_p = 0.937$  кДж/м<sup>3</sup>·К.

Ответ: около 150 МДж/ч или 41,64 кВт

## 9- Тест на тему: Получение СУГ

ФИО \_\_\_\_\_

1\_ Назовите один или два из основных источников для получения СУГ

2\_ Средняя молекулярная масса смеси составляет 17,27 кг / кмоль. Определите плотность газа в нормальных условиях (100 000 Па (кг/м·с<sup>2</sup>), 273,2°К). R унив. Принять 8,31 (м<sup>2</sup>·кг)/(сек<sup>2</sup>·°К·моль).

3\_ Вы работаете на сжижающей станции, и инженер докладывает, что в одном из основных резервуаров хранилища обнаружена пробоина диаметром, в среднем ~5.2 мм. Прикинув, вы понимаете, что если не залатать пробоину, утечка газа составит около 0,278 кг / сек. По информации от инженера, пробоину удастся залатать только в течение 2 часов, потому что, «сейчас перерыв на обед, плюс работы на час...», на работу нужно двух сотрудников, стоимость часа труда каждого составляет 3000



рублей. Имеет смысл согласовать выдачу премии за день без обеда двум рабочим и послать их заделывать пробойну? Обосновать расчетом, утвердить неравенством в виде: стоимость работы инженеров  $< / >$  сколько денег потеряет фирма. Стоимость тонны газа принять равной 12 000 руб.

## 10 – Тест на тему: Получение СУГ

ФИО \_\_\_\_\_

1\_ Назовите один или два из основных источников для получения СУГ

2\_ Средняя молекулярная масса смеси составляет 17,27 кг / кмоль. Определите плотность газа в нормальных условиях (100 000 Па (кг/м-с<sup>2</sup>), 273,2°K). R унив. Принять 8,31 (м<sup>2</sup>\*кг)/(сек<sup>2</sup>\*°K\*моль).

3\_ Вы работаете на сжижающей станции, и инженер докладывает, что в одном из основных резервуаров хранилища обнаружена пробойна диаметром, в среднем ~5.2 мм. Прикинув, вы понимаете, что если не залатать пробойну, утечка газа составит около 0,278 кг / сек. По информации от инженера, пробойну удастся залатать только в течение 2 часов, потому что, «сейчас перерыв на обед, плюс работы на час...», на работу нужно двух сотрудников, стоимость часа труда каждого составляет 3000 рублей. Имеет смысл согласовать выдачу премии за день без обеда двум рабочим и послать их заделывать пробойну? Обосновать расчетом, утвердить неравенством в виде: стоимость работы инженеров  $< / >$  сколько денег потеряет фирма. Стоимость тонны газа принять равной 12 000 руб.

Ответы: 1\_ попутные газы нефтяных месторождений / газы стабилизации нефти / жирные природные газы / газоконденсатных месторождений / газы нефтепереработки.

2\_ 1. R смеси = R унив 8,31 (м<sup>2</sup>\*кг)/(сек<sup>2</sup>\*°K\*моль) / 17,27 кг / кмоль (\*1000) = ~481,2 м<sup>2</sup> / (сек<sup>2</sup>\*°K)

P = 100000 Па (кг / м-сек<sup>2</sup>) / 273,2 °K / R смеси = ~0,76 кг / м<sup>3</sup>

3\_ потери = ~2 тонны (0,278\*360) \* 12000 = 24000 . >> Работа: 3000 \* 2 = 6000 руб.

### Оценочные средства для итоговой аттестации

#### Вопросы к итоговой аттестации (экзамен) во 2 семестре по дисциплине «Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и водорода»

1. Проблемы и перспективы развития мировой энергетики
2. Классификация термодинамических циклов, применяющихся для сжижения природного газа
3. Способы сжижения природного газа

4. Расчет показателей энергоэффективности технологий сжижения природного газа
5. Термодинамические циклы для сжижения природного газа
6. Способы конверсии природного газа в газогидратное состояние
7. Основные конструктивные особенности криогенных танкеров и резервуаров
8. Применение каскадных циклов для сжиженного природного газа
9. Основные циклы для проектирования плавучих установок сжижения природного газа
10. Определение параметров термодинамического состояния природного газа непосредственно при его сжижении
11. Способы разработки морских газогидратных месторождений
12. Гидратная транспортировка природного газа как альтернатива транспортировке природного газа
13. Разработка мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок сжижения природного газа
14. Расчет показателей энергоэффективности технологий сжижения природного газа
15. Тепловой расчёт каскадной холодильной установки, использующей в качестве хладагентов метан, этан, пропан

**Оценочные средства для итоговой аттестации (экзамен)  
Вопросы к итоговой аттестации (экзамен) в 3 семестре по дисциплине  
«Использование, транспорт и хранение сжиженного природного газа и  
водорода»**

30. Основные подходы к сжижению природного газа.
31. Классификация термодинамических циклов, применяющихся для сжижения природного газа.
32. Конверсия природного газа в газогидратное состояние.
33. Классификация криогенных танкеров и резервуаров.
34. Основные конструктивные особенности криогенных танкеров и резервуаров.

35. Особенности применения расчётных методик для проведения тепловых расчётов каскадных циклов.
36. Причины применения двуокиси и азота в качестве хладагентов при проектировании плавающих установок сжижения природного газа.
37. Использование детандеров и вихревых труб при проектировании малых установок сжижения природного газа.
38. Метод сжижения по Фишеру-Тропшу.
39. Разработка морских газогидратных месторождений.
40. Способ разложения газогидрата метана гидратом двуокиси углерода.
41. Достоинства и недостатки теплового способа разработки морских газогидратных месторождений. Основные способы, позволяющие подводить тепловую энергию к залежам газовых гидратов.
42. Основные типы насосного оборудования и средств их размещения, используемого при разработке морских газогидратных месторождений.
43. Способ разложения газогидрата метана гидратом двуокиси углерода.
44. Основные ингибиторы гидратообразования, используемые при разработке материковых газогидратных месторождений.
45. Основные способы сжижения природного газа.
46. Основные методы расчета установок сжижения природного газа.
47. Основные методы расчёта показателей энергоэффективности технологий сжижения природного газа.
48. Основные мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию установок сжижения природного газа.
49. Состав и структура индустрии сжижения природного газа.
50. Способы определения параметров термодинамического состояния природного газа при его сжижении.
51. Тепловой расчёт каскадной холодильной установки, использующей в качестве хладагентов метан, этан, пропан.
52. Процессы, из которых состоит каскадный цикл сжижения природного газа.
53. Определение производительности компрессора.

54. Определение работы сжатия компрессора.
55. Определение тепловой нагрузки на теплообменники аппараты.
56. Определение площади сечения трубопроводов установки.
57. Определение производительности насосного оборудования.
58. Процессы, из которых состоит цикл DMR.

### **Критерии оценки ответов на вопросы к итоговой аттестации**

<p>Оценка «отлично» / зачтено</p>	<p>выставляется студенту, если: он показывает прочные знания основных процессов промышленной подготовки нефти и газа, его ответ отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; он владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность явлений, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; демонстрирует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; демонстрирует умение приводить примеры современных проблем изучаемой области, умеет анализировать современное состояние промышленной подготовки нефти и газа в России, свободно справляется с вопросами и задачами</p>
<p>Оценка «хорошо» / зачтено</p>	<p>выставляется студенту, если: он обнаруживает прочные знания основных процессов промышленной подготовки нефти и газа, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; он владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность явлений, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободно владеет монологической речью, демонстрирует логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» / зачтено</p>	<p>выставляется студенту, если он демонстрирует ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов промышленной подготовки нефти и газа, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории; он слабо владеет навыками анализа явлений, процессов, обладает недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; отличается недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами промышленной подготовки нефти и газа</p>

Оценка «неудовлетворительно» / не зачтено	выставляется студенту за ответ обнаруживающий незнание процессов промышленной подготовки нефти и газа, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; отличающийся неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.
---	--