

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Заместитель директора
по образовательной деятельности
НЧИ КФУ Н.Д.Ахметов



« _____ » _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Моделирование физических процессов в системах жизнеобеспечения и холодильной технике

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Звездин В.В. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), VVZvezdin@kpfu.ru
Звездина Н.М. ; доцент, к.н. Саубанов Р.Р. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), RRSaubanov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|------------------|---|
| ПК-12 | способностью применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов деятельности, оформлять отчеты и презентации с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати |
| ПК-2 | готовностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности |
| ПК-4 | готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- современные компьютерные технологии.
- теоретические основы математического моделирования физических процессов в области низкотемпературной техники.
- теоретические основы расчетно-экспериментальной работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения.

Должен уметь:

- применять современные компьютерные технологии.
- применять теоретические основы математического моделирования физических процессов в области низкотемпературной техники.
- применять теоретические основы расчетно-экспериментальной работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения.

Должен владеть:

- навыками применения современных компьютерных технологий.
- теоретическими основами математического моделирования физических процессов в области низкотемпературной техники.
- теоретическими основами расчетно-экспериментальной работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения (Холодильная техника и системы жизнеобеспечения)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3, 4 курсах в 6, 7 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных(ые) единиц(ы) на 360 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 252 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 семестре; экзамен в 7 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|-----|---|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Моделирование работы теплообменных аппаратов низкотемпературной техники | 6 | 4 | 0 | 4 | 22 |
| 2. | Тема 2. Расчетная система рационального ведения нестационарных режимов работы криогенных установок | 6 | 4 | 0 | 4 | 22 |
| 3. | Тема 3. Моделирование процессов охлаждения тел с каналами внутри них | 6 | 4 | 0 | 4 | 22 |
| 4. | Тема 4. Сопряженные процессы тепло- и массообмена при замораживании биологических и пищевых продуктов | 6 | 4 | 0 | 4 | 22 |
| 5. | Тема 5. Тепломассообмен при движении газовых пузырей через слой жидкости | 6 | 2 | 0 | 2 | 20 |
| 6. | Тема 6. Математические модели элементов и систем вентиляции | 7 | 3 | 0 | 4 | 28 |
| 7. | Тема 7. Прогнозирование технико-экономических характеристик вентиляционных систем | 7 | 3 | 0 | 4 | 28 |
| 8. | Тема 8. Оптимизация технико-экономических характеристик вентиляционных систем | 7 | 4 | 0 | 4 | 28 |
| 9. | Тема 9. Математическое моделирование тепломассопереноса в каналах теплообменной насадки при водоиспарительном охлаждении | 7 | 4 | 0 | 4 | 30 |
| 10. | Тема 10. Моделирование регенеративного охлаждения осредненной математической моделью. Оптимизация параметров охладителей водоиспарительного типа. | 7 | 4 | 0 | 2 | 30 |
| | Итого | | 36 | 0 | 36 | 252 |

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Моделирование работы теплообменных аппаратов низкотемпературной техники

Моделирование теплового взаимодействия потоков и стенки в теплообменных аппаратах. Аналитические методы решения для стационарного случая. Конечно-разностный метод расчета двухпоточных теплообменников без пересечения расчетных профилей температур потоков (стационарный случай). Приближенный метод разложения по базисным функциям по пространственной координате (нестационарный случай). Определение коэффициентов теплоотдачи с использованием критериальных зависимостей.

Тема 2. Расчетная система рационального ведения нестационарных режимов работы криогенных установок

Моделирование нестационарных и меняющихся режимов работы низкотемпературных установок. Постановка задачи и расчетные ступени. Модель с косвенным учетом теплообмена. Модель с сосредоточенными параметрами. Модель с распределенными параметрами. Поверочный расчет и рациональное проведение переходных режимов работы. Рекомендации по конструктивным изменениям, приводящим к улучшению проведения рабочих процессов.

Тема 3. Моделирование процессов охлаждения тел с каналами внутри них

Основные способы охлаждения объектов. Оценки времени охлаждения объектов. Математическая модель теплообмена цилиндрического объекта, имеющего осевые каналы. Рациональное ведение процесса охлаждения пакета использованных автопокрышек. Использование изменения направления движения потока для уменьшения разности температур в охлаждаемом теле.

Тема 4. Сопряженные процессы тепло- и массообмена при замораживании биологических и пищевых продуктов

Особенности моделирования процессов охлаждения и замораживания. Расчетное и экспериментальное исследование замораживания неоднородного пищевого продукта в скороморозильном аппарате. Моделирование процессов массообмена при охлаждении. Экспериментальное исследование процессов испарения влаги при охлаждении и замораживании.

Тема 5. Тепломассообмен при движении газовых пузырей через слой жидкости

Особенности тепломассообменных процессов при барботаже. Изотермический массообмен при всплытии пузырька газа в слое жидкости. Моделирование изотермической барботажной колонны без перемешивания. Моделирование барботажной колонны с перемешиванием. Моделирование процессов очистки жидкости от растворенных газов при барботаже.

Тема 6. Математические модели элементов и систем вентиляции

Декомпозиция сложных вентиляционных систем. Источники напора вентиляционных систем. Аппроксимация характеристик источников напора. Напорно-регулирующие устройства. Формирование базовых уравнений для конструктивных узлов и конструктивных колец. Моделирование сложной приточно-вытяжной вентиляционной системы с промежуточной емкостью.

Тема 7. Прогнозирование технико-экономических характеристик вентиляционных систем

Принципы экономического обоснования прогнозирования технико-экономических характеристик вентиляционных систем. Мероприятия по повышению качества входа вентиляционных систем. Ожидаемый экономический эффект от разработки и внедрения мероприятий по повышению качества вентиляционных систем. Эффективность систем вентиляции.

Тема 8. Оптимизация технико-экономических характеристик вентиляционных систем

Применение методов оптимизации в инженерной практике. Использование методов оптимизации при проектировании. Задачи оптимизации для функции одной переменной. Критерии оптимальности. Методы исключения интервалов. Этап уменьшения интервала. Сравнение методов исключения интервалов. Оптимизация параметров вентиляционной системы сварочного места. Функции нескольких переменных. Методы прямого поиска. Оптимизация геометрических параметров приточной вентиляции.

Тема 9. Математическое моделирование тепломассопереноса в каналах теплообменной насадки при водоиспарительном охлаждении

Идеализированная модель регенеративного охлаждения испарительной насадки на основе балансовых уравнений. Уравнения энергии и переноса массы в каналах испарительной насадки кондиционера. Модель регенеративного охлаждения и алгоритм реализации. Расчет работы испарительных охладителей регенеративного принципа действия.

Тема 10. Моделирование регенеративного охлаждения осредненной математической моделью. Оптимизация параметров охладителей водоиспарительного типа.

Осредненные уравнения тепломассопереноса. Особенности определения коэффициентов тепло- и массоотдачи в каналах охладителей. Сравнение расчетов по полной и осредненной моделям. Аэродинамические сопротивления в каналах теплообменной насадки. Вентиляторные блоки систем охлаждения воздуха. Влияние геометрических параметров теплообменной насадки на эффективность работы охладителей. Алгоритм совместного решения моделей тепломассопереноса и аэродинамических сопротивлений. Выбор оптимальных геометрических параметров водоиспарительных охладителей.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

| Этап | Форма контроля | Оцениваемые компетенции | Темы (разделы) дисциплины |
|------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Семестр 6 | | | |
| | Текущий контроль | | |
| 1 | Устный опрос | ПК-4 , ПК-2 | 1. Моделирование работы теплообменных аппаратов низкотемпературной техники |
| 2 | Лабораторные работы | ПК-12 , ПК-4 | 1. Моделирование работы теплообменных аппаратов низкотемпературной техники 3. Моделирование процессов охлаждения тел с каналами внутри них 5. Тепломассообмен при движении газовых пузырей через слой жидкости |
| 3 | Отчет | ПК-12 | 5. Тепломассообмен при движении газовых пузырей через слой жидкости |
| | Зачет | ПК-12, ПК-2, ПК-4 | |
| Семестр 7 | | | |
| | Текущий контроль | | |
| 1 | Устный опрос | ПК-2 , ПК-4 | 7. Прогнозирование технико-экономических характеристик вентиляционных систем 8. Оптимизация технико-экономических характеристик вентиляционных систем |
| 2 | Лабораторные работы | ПК-12 , ПК-4 | 6. Математические модели элементов и систем вентиляции 9. Математическое моделирование тепломассопереноса в каналах теплообменной насадки при водоиспарительном охлаждении |
| 3 | Отчет | ПК-12 | 10. Моделирование регенеративного охлаждения осредненной математической моделью. Оптимизация параметров охладителей водоиспарительного типа. |
| | Экзамен | ПК-12, ПК-2, ПК-4 | |

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

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|-------------------------|---------------------|--------|--------|-------|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Семестр 6 | | | | | |
| Текущий контроль | | | | | |

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|-------------------------|--|---|---|---|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Устный опрос | В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | 1 |
| Лабораторные работы | Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям. | Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям. | Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям. | Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям. | 2 |
| Отчет | Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам. | Продемонстрирован средний уровень владения материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам. | Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам. | Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам. | 3 |
| | Зачтено | | Не зачтено | | |
| Зачет | Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины. | | Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. | | |
| Семестр 7 | | | | | |
| Текущий контроль | | | | | |

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|---------------------|--|---|--|---|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Устный опрос | В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | 1 |
| Лабораторные работы | Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям. | Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям. | Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям. | Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям. | 2 |
| Отчет | Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам. | Продемонстрирован средний уровень владения материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам. | Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам. | Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам. | 3 |

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|----------------|---|---|---|---|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Экзамен | Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. | Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. | Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. | Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. | |

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 6

Текущий контроль

1. Устный опрос

Тема 1

Вопросы по теме 1: нестационарный режим, низкотемпературные установки, аналитический метод, численный метод, система уравнений для теплообмена в двухпоточном теплообменнике 'труба в трубе', граничные условия, начальные условия, интегральные преобразования Лапласа, фазовые превращения, конечно-разностный метод, стационарный режим, метод разложения по базисным функциям, квазистационарный процесс, аппроксимационный метод расчета, критериальные уравнения теплоотдачи, поверочный расчет, прямой и обратный потоки, поправочный коэффициент для коррекции коэффициента теплоотдачи в межтрубном пространстве, области применения моделей.

Вопросы по теме 2: допущения при моделировании нестационарных режимов, метод малых отклонений, последовательность определения характеристик рефрижераторных гелиевых систем, линеаризованная система уравнений для заданного возмущения, моделирование пускового периода системы, метод элементарных балансов подвижных сред, постановка задачи, расчетные ступени, симплекс-метод, модель с сосредоточенными параметрами, интегральные коэффициенты теплоотдачи, экстремум целевой функции, методы одномерной и многомерной оптимизации, модель с распределенными параметрами, метод конечных разностей, поверочный расчет, переходные режимы работы, криогенное обеспечение термовакуумной камеры, турбодетандеры, изменение движения азотных потоков в детандерном теплообменнике, перепуск азотного потока среднего давления при охлаждении установки обратной конденсации, изменение направления движения теплого азотного потока при нагреве установки обратной конденсации.

Вопросы по теме 3: основные способы охлаждения объектов, погружной способ, циркуляционный способ, прокачный способ, время охлаждения объектов, нестационарное уравнение теплопроводности, граничное условие третьего рода, уравнение теплового баланса, математическая модель теплообмена цилиндрического объекта с осевыми каналами, рациональное ведение процесса охлаждения пакета использованных автопокрышек, вакуумный цикл, однократное реверсирование, разность температур в охлаждаемом теле.

Вопросы по теме 4: замораживание биологических и пищевых продуктов, процесс охлаждения, задача Стефана, формула Планка, время замораживания, зависимость теплоемкости от температуры, метод контрольного объема, обратная задача Стефана, метод 'спрямления фронта', схема расщепления, модель Дарси-Стефана замерзания насыщенного пористого грунта, закон Дарси, замораживание неоднородного пищевого продукта в скороморозильном аппарате, зависимость глубины промерзания от времени, массообмен при охлаждении, диффузия влаги внутри тела, испарение влаги при охлаждении и замораживании, механизмы передачи теплоты.

2. Лабораторные работы

Темы 1, 3, 5

Вопросы по теме 5: барботаж, барботажные устройства, газовые пузыри, насыщение жидкости газом за счет его растворения в жидкости, очистка жидкости от растворенных в ней газов за счет их массопереноса из жидкости в пузыри другого газа, насыщение газовых пузырей парами жидкости, движущая сила процесса, закон Генри, радиус пузыря, скорость испарения, гомогенный режим течения, изотермический массообмен при всплытии пузыря через слой жидкости, изменение объема пузыря, расстояние, пройденное пузырем, мольная доля водяных паров, изотермическая барботажная колонна без перемешивания, объемная массопередача, барботажная колонна с перемешиванием, равновесное число молей компонентов в жидкости, газовый реактор, характерное время полного насыщения пузыря растворенным газом за счет диффузии.

Вопросы по теме 6: декомпозиция вентиляционной системы, источники напора или нагнетатели, участки магистралей, напорно-регулирующие устройства, технологические устройства выброса или отбора рабочей среды из системы, характеристика нагнетателя, модель источника напора, модель участка магистрали, области применения различных вентиляторов, аппроксимация характеристик источника напора, способ регулирования воздушного потока, математическая модель запорно-регулирующего органа, потери напора по длине, базовые уравнения для конструктивных узлов, базовые уравнения для конструктивных колец, уравнение неразрывности, модель сложной приточно-вытяжной вентиляционной системы с промежуточной емкостью, стационарный режим, общий расход приточной или вытяжной частей вентиляционной системы, блок-схема алгоритма численной процедуры.

Вопросы по теме 7: прогнозирование характеристик вентиляционных систем, показатели, оказывающие существенное влияние на величину полезного эффекта и прогнозируемой продукции, выбор метода прогнозирования, выбор периода упреждения прогноза, прогнозирование показателей качества, оптимизация прогнозных показателей качества по критерию максимального полезного эффекта при минимальных совокупных затратах за жизненный цикл продукции, полезный эффект от эксплуатации, принципы научно-технического прогнозирования, принципы экономического обоснования, фактор времени, мероприятия по повышению качества входа вентиляционных систем, экономический эффект разработки, мероприятия по повышению качества процесса в системе, эффективность систем вентиляции.

Вопросы по теме 8: применение теории оптимизации в инженерной деятельности, оптимизация проектирования систем, целевая функция, ограничения в виде равенств и в виде неравенств, оптимизация для функции одной переменной, непрерывные функции, монотонные функции, критерии оптимальности, вопрос анализа 'в статике', вопрос анализа 'в динамике', методы исключения интервалов, этап установления границ интервала, этап уменьшения интервала, этап установления границ интервала, метод золотого сечения, метод деления интервала пополам, оптимизация параметров вентиляционной системы сварочного поста, схема технологического отсоса от поста индивидуальной сварки, аэродинамический расчет системы вентиляции сварочного поста, приведенные затраты вентиляционной системы, функции нескольких переменных, линии уровня мультимодальной функции, методы прямого поиска, вычисление значения целевой функции, градиентные методы, методы второго порядка, метод поиска по симплексу, метод поиска Хука-Дживса, метод сопряженных направлений Пауэлла, оптимизация геометрических параметров приточной вентиляции.

Вопросы по теме 9: регенеративное испарительное охлаждение, уравнение баланса тепла, аппроксимирующие формулы для параметров воздуха, барометрическое давление смеси, температура точки росы, затраты энергии на работу вентилятора, динамика температуры и влажности по длине испарительной насадки, уравнение энергии, уравнение массообмена в 'мокром' канале, уравнение энергии в 'сухих' каналах, закон Фика, граничные условия.

Вопросы по теме 10: осредненные по сечению канала среднерасходные температуры и плотности пара, уравнения Ньютона-Рихмана, уравнения Дальтона, осредненные коэффициенты тепло- и массоотдачи, регенеративное охлаждение, тепловой поток на поверхности пластин, начальный участок, установившееся ламинарное течение, алгоритм оптимизации, геометрические параметры теплообменной насадки, холодопроизводительность, оптимизация размеров сечений каналов и пропускной способности решетки, коэффициент использования энергии.

3. Отчет

Тема 5

1. Составление статической математической модели одноступенчатой холодильной машины и определение холодильного коэффициента цикла.
2. Составление статической математической модели одноступенчатой холодильной машины с переохлаждением жидкости перед регулирующим вентилем и определение холодильного коэффициента цикла.
3. Составление статической математической модели одноступенчатой холодильной машины с перегревом пара, поступающего к компрессору, и определение холодильного коэффициента цикла.
4. Составление статической математической модели одноступенчатой холодильной машины с регенеративным теплообменником и определение холодильного коэффициента цикла.
5. Составление статической математической модели двухступенчатой холодильной машины с одноступенчатым дросселированием и неполным промежуточным охлаждением и определение холодильного коэффициента цикла.

6. Составление статической математической модели двухступенчатой холодильной машины с одноступенчатым дросселированием и полным промежуточным охлаждением и определение холодильного коэффициента цикла.
7. Составление статической математической модели двухступенчатой холодильной машины с двухступенчатым дросселированием и определение холодильного коэффициента цикла.
8. Составление статической математической модели двухступенчатой холодильной машины с переохлаждением жидкости высокого давления в промежуточном сосуде и определение холодильного коэффициента цикла.
9. Составление статической математической модели трехступенчатой холодильной машины и определение холодильного коэффициента цикла.
10. Составление статической математической модели двухкаскадной холодильной машины и определение холодильного коэффициента цикла.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Особенности теплообменных процессов при барботаже.
2. Изотермический массообмен при всплытии пузырька газа в слое жидкости.
3. Моделирование изотермической барботажной колонны без перемешивания.
4. Моделирование барботажной колонны с перемешиванием.
5. Моделирование процессов очистки жидкости от растворенных газов при барботаже.
6. Декомпозиция сложных вентиляционных систем.
7. Источники напора вентиляционных систем.
8. Аппроксимация характеристик источников напора.
9. Напорно-регулирующие устройства.
10. Формирование базовых уравнений для конструктивных узлов и конструктивных колец.
11. Моделирование сложной приточно-вытяжной вентиляционной системы с промежуточной емкостью.
12. Принципы экономического обоснования прогнозирования технико-экономических характеристик вентиляционных систем.
13. Мероприятия по повышению качества входа вентиляционных систем.
14. Ожидаемый экономический эффект от разработки и внедрения мероприятий по повышению качества вентиляционных систем.
15. Эффективность систем вентиляции.
16. Применение методов оптимизации в инженерной практике.
17. Использование методов оптимизации при проектировании.
18. Задачи оптимизации для функции одной переменной.
19. Критерии оптимальности.
20. Методы исключения интервалов.
21. Этап уменьшения интервала.
22. Сравнение методов исключения интервалов.
23. Оптимизация параметров вентиляционной системы сварочного места.
24. Функции нескольких переменных.
25. Методы прямого поиска.
26. Оптимизация геометрических параметров приточной вентиляции.
27. Идеализированная модель регенеративного охлаждения испарительной насадки на основе балансовых уравнений.
28. Уравнения энергии и переноса массы в каналах испарительной насадки кондиционера.
29. Модель регенеративного охлаждения и алгоритм реализации.
30. Расчет работы испарительных охладителей регенеративного принципа действия.
31. Осредненные уравнения теплопереноса.
32. Особенности определения коэффициентов тепло- и массоотдачи в каналах охладителей.
33. Сравнение расчетов по полной и осредненной моделям.
34. Аэродинамические сопротивления в каналах теплообменной насадки.
35. Вентиляторные блоки систем охлаждения воздуха.
36. Влияние геометрических параметров теплообменной насадки на эффективность работы охладителей.
37. Алгоритм совместного решения моделей теплопереноса и аэродинамических сопротивлений.
38. Выбор оптимальных геометрических параметров водоиспарительных охладителей.

Семестр 7

Текущий контроль

1. Устный опрос

Темы 7, 8

- Вопросы по теме 1. Моделирование структуры потоков в аппаратах
Вопросы по теме 2. Математическое моделирование тепловых процессов
Вопросы по теме 3. Моделирование массообменных процессов химической технологии
Вопросы по теме 4. Моделирование кинетики химических реакций
Вопросы по теме 5. Исследование гидродинамики асадочного абсорбера

Вопросы по теме 6. Моделирование теплообменных аппаратов в стационарном режиме. Модели процессов теплообмена

2. Лабораторные работы

Темы 6, 9

Вопросы по теме 1. Построение статических и динамических моделей. Построение эмпирических моделей. Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей

Вопросы по теме 2. Регрессионно-факторный анализ технологических моделей

Вопросы по теме 3. Задачи параметрической и структурной идентификации эмпирической модели, описывающей зависимость давления насыщенного пара индивидуального вещества от температуры

Вопросы по теме 4. Построение математических моделей по результатам активного эксперимента

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются методы регрессионного и корреляционного анализов?
2. Что такое сила линейной связи и как она определяется для уравнения линейной регрессии от данного параметра?
3. По какому критерию проверяется адекватность уравнения?
4. Что такое трансцендентная регрессия и когда она применяется?
5. Как определяется теснота нелинейной связи?
6. Что такое выборочный коэффициент корреляции?
7. Как определяется коэффициент множественной корреляции?

3. Отчет

Тема 10

Вопросы по теме 1. Задачи параметрической и структурной идентификации эмпирической модели, описывающей зависимость давления насыщенного пара индивидуального вещества от температуры

Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Понятия модели и моделирования.
2. Классификация математических моделей.
3. Эмпирические и теоретические модели, их сущность и примеры.
4. Свойства (функции) модели.
5. Принципы моделирования.
6. Этапы моделирования: выбор типа и обоснование степени сложности модели, разработка содержания модели.
7. Обусловленность использования регрессионных моделей особенностями эмпирических данных.
8. Динамические модели.
9. Что такое моделирование?
10. Назовите виды моделирования.
11. Как подразделяются параметры, влияющие на объект моделирования?
12. Какие величины называются входными?
13. Какие величины называются управляющими?
14. Какие величины называются возмущающими?
15. Что такое входные величины?
16. В чем заключается составление математического описания?
17. Какой принцип используется при составлении математического описания?
18. Какие задачи решаются на втором этапе построения моделей?
19. Каким образом производится проверка модели на адекватность объекту?

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

| Форма контроля | Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | Этап | Количество баллов |
|-------------------------|--|------|-------------------|
| Семестр 6 | | | |
| Текущий контроль | | | |
| Устный опрос | Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы. | 1 | 10 |
| Лабораторные работы | В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области. | 2 | 30 |
| Отчет | Обучающийся пишет отчёт, в котором отражает выполнение им, в соответствии с полученным заданием, определённых видов работ, нацеленных на формирование профессиональных умений и навыков. Оцениваются достигнутые результаты, проявленные знания, умения и навыки, а также соответствие отчёта предъявляемым требованиям. | 3 | 10 |
| Зачет | Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий. | | 50 |
| Семестр 7 | | | |
| Текущий контроль | | | |
| Устный опрос | Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы. | 1 | 10 |
| Лабораторные работы | В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области. | 2 | 30 |
| Отчет | Обучающийся пишет отчёт, в котором отражает выполнение им, в соответствии с полученным заданием, определённых видов работ, нацеленных на формирование профессиональных умений и навыков. Оцениваются достигнутые результаты, проявленные знания, умения и навыки, а также соответствие отчёта предъявляемым требованиям. | 3 | 10 |
| Экзамен | Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий. | | 50 |

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями и предоставленных доступов НЧИ КФУ;

- в печатном виде - в фонде библиотеки Набережночелнинского института (филиала) КФУ. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов библиотеки Набережночелнинского института (филиала) КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Сайт "АВОК" - <https://www.abok.ru>

Сайт "Danfoss" - <https://www.danfoss.com/ru-ru>

Сайт "Refportal" - <http://refportal.com>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

| Вид работ | Методические рекомендации |
|------------------------|---|
| лекции | В ходе лекционных занятий преподаватель устно, в логически выдержанной форме излагает новый учебный материал, который конспектируется студентами с оставлением (по возможности) полей для заметок и комментариев (дополнений лекционного материала по результатам самостоятельного изучения рекомендуемой литературы). Обучающиеся задают преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, анализа информации, решения проблемных задач и др. При подготовке к лекционным и иным занятиям может понадобиться материал, изучавшийся на курсах: 'Математика', 'Физика' и др. Поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям). |
| лабораторные работы | Работа обучающихся на лабораторных занятиях подразумевает выполнение натуральных и виртуальных экспериментов как на испытательных стендах, так и на компьютерах, последующую обработку экспериментальных данных с использованием специализированных компьютерных программ, оформление и защиту лабораторных работ. |
| самостоятельная работа | Самостоятельная работа студентов подразумевает как проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой учебной литературы, так и освоение материала, вынесенного на самостоятельное изучение, а также выполнение контрольных работ и подготовку к устным опросам, лабораторным занятиям, зачету и экзамену. |
| устный опрос | Для подготовки к устным опросам рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных задач. В текстах авторов, таким образом, следует выделять следующие компоненты: постановка проблемы; варианты решения; аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу. |
| отчет | При подготовке отчета по лабораторным работам необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на лабораторных занятиях в течение изучения курса. На защите отчета обучающийся отвечает на один вопрос из приведенного выше списка и на дополнительные вопросы преподавателя, заданные с целью уточнения уровня освоения компетенции. |
| зачет | При подготовке к зачету необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на лабораторных занятиях в течение изучения курса. На зачете обучающийся отвечает на один вопрос из приведенного выше списка и на дополнительные вопросы преподавателя, заданные с целью уточнения уровня освоения компетенции. |

| Вид работ | Методические рекомендации |
|-----------|--|
| экзамен | При подготовке к экзамену необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на лабораторных занятиях в течение изучения курса. На экзамене обучающийся отвечает на вопросы в выбранном билете (каждый билет содержит по два вопроса из приведенного выше списка). |

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения" и профилю подготовки "Холодильная техника и системы жизнеобеспечения".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.03 Моделирование физических процессов в
системах жизнеобеспечения и холодильной технике*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. - 592 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011996-0. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1042658> (дата обращения: 18.09.2020). - Текст : электронный.
2. Петров А. В. Моделирование процессов и систем : учебное пособие / А. В. Петров. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1886-2. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168879> (дата обращения: 21.04.2021). - Текст : электронный.
3. Горлач Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учебное пособие / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 292 с. - ISBN 978-5-8114-2168-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169100> (дата обращения: 21.04.2021). - Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Чикуров Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - Москва : ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. - 398 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010810> (дата обращения: 18.09.2020). - Текст : электронный.
2. Прудников, В. В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования : учебное пособие / В. В. Прудников, А. Н. Вакилов, П. В. Прудников. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0961-1. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2288> (дата обращения: 18.09.2020). - Текст : электронный.
3. Алпатов Ю. Н. Моделирование процессов и систем управления : учебное пособие / Ю. Н. Алпатов. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 140 с. - ISBN 978-5-8114-2993-6. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169166> (дата обращения: 21.04.2021). - Текст : электронный.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.03 Моделирование физических процессов в
системах жизнеобеспечения и холодильной технике

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 16.03.03 - Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль подготовки: Холодильная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.