

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе Московского Политеха

\_\_\_\_\_ Ю.М. Боровин

29 сентября 2017 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

Для поступающих в магистратуру на направление подготовки

16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Москва, 2017

1. На отборочное испытание поступающие допускаются при наличии документа, удостоверяющего личность и гражданство (паспорта), и расписки в подаче документов.

2. **Форма проведения отборочного испытания:** экзамен в форме письменного ответа и собеседования. Экзаменационные билеты содержат 3 контрольных вопроса по дисциплинам направления.

3. По результату отборочного испытания поступающему выставляется оценка от нуля до 100 баллов. Минимальный положительный балл по 100-балльной системе составляет 40 баллов, ниже которого отборочное испытание считается несданным. Максимальный балл за ответ на один вопрос экзаменационного билет составляет 50 баллов.

Итоговая оценка за ответ на каждый вопрос билета определяется по следующим критериям и шкале баллов:

- 50-40 баллов – ответ отражает глубокие знания материала; описываемые теоретические положения сопровождаются практическими примерами; отвечающий формулирует собственную точку зрения по рассматриваемому вопросу; материал излагается грамотным профессиональным языком, с использованием соответствующей системы понятий и терминов;

- 39-30 баллов – ответ отражает знание рассматриваемого вопроса, но с некоторыми неточностями; отвечающий испытывает некоторые затруднения при иллюстрации описываемых теоретических положений практическими примерами; отвечающий формулирует собственную точку зрения на рассматриваемые явления, однако испытывает затруднения в их аргументации; материал излагается профессиональным языком, с использованием соответствующей системы понятий и терминов;

- 29-20 баллов – ответ отражает слабое знание рассматриваемого вопроса, с значительными ошибками; отвечающий не может привести практические примеры для иллюстрации своего ответа и не может сформулировать собственную точку зрения на рассматриваемые явления; материал излагается не профессиональным языком;

- менее 10 баллов – отвечающий не может раскрыть существо вопроса; не владеет профессиональным языком, не использует необходимые научные понятия и термины.

4. На отборочном испытании использование справочной литературы, калькуляторов, персональных компьютеров, средств связи и прочих дополнительных источников информации запрещено.

5. Вступительные испытания проводятся по расписанию приемной комиссии. Перед началом отборочного испытания поступающим сообщается время и место получения информации о результатах испытания.

6. Поступающий, нарушающий правила поведения на отборочном испытании, может быть удален из аудитории БЕЗ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ. У такого поступающего отбираются все экзаменационные материалы. Фамилия, имя, отчество удаленного из аудитории поступающего и причина его удаления заносятся в протокол проведения отборочного испытания. Поступающий может покинуть аудиторию только тогда, когда он окончательно сдаст все экзаменационные материалы.

7. При проведении отборочного испытания вопросы поступающих по содержанию экзаменационных вопросов членами отборочной комиссии не рассматриваются. При обнаружении опечатки или другой неточности какого-либо задания отборочного испытания, члены отборочной комиссии обязаны отметить этот факт в протоколе проведения отборочного испытания. Отборочной комиссией будут проанализированы все замечания; при признании вопроса некорректным он засчитывается поступающему, как выполненный правильно.

8. Для прохождения вступительного испытания в магистратуру по направлению 16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения, абитуриент должен знать основные понятия следующих дисциплин:

**Дисциплина 1.** Теоретические основы холодильной техники.

**Дисциплина 2.** Основы теории кондиционирования.

**Дисциплина 3.** Криомедицинская техника.

## **Содержание разделов дисциплин, включённых в испытание**

### **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

#### **1.1. Общие сведения**

Дисциплина «Теоретические основы холодильной техники» относится к базовому профессиональному циклу ООП бакалавриата. Дисциплина направлена на изучение законов термодинамики применительно к низкотемпературным процессам и циклам, приобретение навыков термодинамического анализа способов охлаждения, выборе рабочих веществ, а также расчета принципиальных схем низкотемпературных установок.

#### **1.2. Содержание разделов дисциплины**

##### Вводная часть

Естественное и искусственное охлаждение. Непрерывное и однократное искусственное охлаждение. Виды холодильных машин. Сущность и температурные границы глубокого и умеренного охлаждения. Применение искусственного холода в различных отраслях народного хозяйства. Роль холодильной техники в создании новых технологических процессов и в интенсификации производств. Основные направления и тенденции развития холодильного машиностроения.

##### Физические основы получения низких температур

Классификация процессов, используемых для получения низких температур. Охлаждение при фазовых превращениях рабочих веществ: кипение, испарение, откачка паров, плавление, сублимация.

Охлаждение при расширении газов: дросселирование, расширение с совершением внешней работы, вихревой эффект, пульсационный эффект.

Охлаждение с использованием электрических и магнитных эффектов: термоэлектрический эффект, электрокалорический эффект, магнитокалорический эффект.

Охлаждение в процессе десорбции: десорбция водорода из активированного угля, металлгидридный эффект. Прочие процессы охлаждения: процессы растворения, электрохимические процессы.

#### Термодинамические основы холодильных машин

Окружающая среда и ее свойства. Классификация обратных циклов.

Второе начало термодинамики в применении к обратным циклам. Внутренняя и внешняя необратимости. Необратимые процессы обратных циклов. Оценка необратимости.

Энтропийный метод анализа термодинамического совершенства процессов и циклов. Обратимые обратные циклы в условиях различных внешних источников теплоты: цикл Карно, цикл Лоренца, обобщенный цикл Карно. Основы эксергетического метода анализа обратных циклов.

#### Рабочие вещества холодильных машин

Требования, предъявляемые к рабочим веществам. Применяемые холодильные агенты, их классификация и обозначение. Азеотропные и зеотропные смеси холодильных агентов. Термодинамические свойства холодильных агентов, их влияние на выбор и эффективность термодинамических циклов, на конструкцию и эффективность холодильных машин.

Теплофизические свойства рабочих веществ: вязкость, теплопроводность, поверхностное натяжение и др., их влияние на процессы теплообмена.

Химические и физико-химические свойства: химическая стабильность, взаимодействие с водой и материалами, воздействие на озонный слой земли, влияние на глобальное потепление земли, растворимость и смешиваемость с смазочными материалами, температура разложения, взрывоопасность, воспламеняемость и др.

Физиологические свойства рабочих веществ (ядовитость). Принципы выбора рабочих веществ и области их применения в холодильной технике. Принципы выбора и области применения холодильных агентов.

Вещества, применяемые в качестве теплоносителей. Требования к теплоносителям. Свойства и критерии эффективности основных теплоносителей.

#### Циклы и схемы паровых холодильных машин

Циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин с одноступенчатым сжатием. Холодильная машина с детандером. Холодильная машина с дросселированием в области влажного и сжатием в области перегретого пара. Необратимые потери в цикле. Методы сокращения необратимых потерь. Влияние переохлаждения жидкости после конденсатора. Регенеративный цикл.

Методы сокращения необратимых потерь отвода теплоты от источников переменной температуры.

Циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин с многоступенчатым сжатием. Условия для перехода к многоступенчатому сжатию рабочего вещества.

Сокращение необратимых потерь при многоступенчатом сжатии путем перехода к сложным циклам.

Элементы сложного цикла: ступенчатое дросселирование, переохлаждение жидкости, промежуточное охлаждение сжатого пара впрыском жидкого холодильного агента, промежуточное охлаждение сжатого пара сторонним источником, производство холода на нескольких температурных уровнях. Система обозначений и комплекс уравнений для расчета характеристик сложных циклов. Метод анализа эффективности сложных циклов. Выбор принципиальной схемы холодильной машины и цикла в зависимости от числа ступеней сжатия, типа компрессора, принятого холодильного агента. Цикл углекислотной холодильной машины.

Каскадные холодильные машины. Условия перехода к каскадным схемам. Принципиальная схема и цикл каскадной холодильной машины, области применения. Выбор холодильных агентов. Расчет каскадных циклов.

Холодильные машины на зеатропных смесях холодильных агентов. Особенности принципиальных схем термодинамического цикла.

#### Циклы и схемы газовых холодильных машин

Классификация газовых холодильных машин. Циклы и схемы газовых холодильных машин с детандером: разомкнутые и замкнутые, регенеративные, разомкнутый вакуумный. Циклы и схемы газовых холодильных машин с вихревыми трубами. Сравнительный анализ газовых и паровых холодильных машин.

## **2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

### **2.1. Общие сведения**

Дисциплина «Основы теории кондиционирования» входит в состав базовой части профессионального цикла ООП бакалавриата направления 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

### **2.2. Содержание разделов дисциплины**

1. Введение. Значение кондиционирования воздуха. Комфортное и технологическое кондиционирование воздуха. Комплексное влияние температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на теплоощущения человека. Нормы газового состава воздуха в жилых помещениях.

2. Требования по кондиционированию и вентиляции жилых, общественных, административно-бытовых и производственных помещений. Санитарно-гигиенические требования. Строительно-монтажные и архитектурные требования. Противопожарные требования. Основные эксплуатационные и экономические требования.

3. Классификация систем кондиционирования воздуха:

- по назначению (комфортные, технологические);

- по расположению (центральные, местные, мобильные, оконные, настенные, потолочные и др.);
- по наличию собственного источника холода (автономные, неавтономные);
- по принципу действия (прямоточные рециркуляционные, комбинированные);
- по способу регулирования (с качественным регулированием – однотрубные, с количественным регулированием – 2-х трубные);
- по количеству обслуживаемых помещений (зон) (однозональные, многозональные)
- по количеству каналов (многоканальные, двухканальные, одноканальные).

4. Система кондиционирования воздуха для особо чистых помещений. Система кондиционирования воздуха для термостатных помещений. Хладоснабжение систем кондиционирования. Системы хладоснабжения кондиционеров (децентрализованное хладоснабжение, децентрализованное хладоснабжение, холодильные станции).

5. Бытовые кондиционеры (оконные и мобильные). Их основные достоинства и недостатки. Конструкция и особенности монтажа.

6. Сплит- и мульти-сплит-системы. Их общие характеристики, достоинства и недостатки. Основные и дополнительные режимы работы. VRV-системы.

Характеристики, особенности конструкций следующих типов сплит-систем:

- настенные кондиционеры;
- напольные кондиционеры;
- потолочные кондиционеры;
- кассетные кондиционеры;
- колонные кондиционеры;
- канальные кондиционеры.

7. Промышленные кондиционеры. Их основные достоинства и недостатки. Конструкция и особенности монтажа.

- крышные кондиционеры (типа ROOF-TOP);
- шкафные кондиционеры;
- прецизионные кондиционеры.

8. Центральные кондиционеры. Чиллеры. Фанкойлы. Характеристики систем с чиллерами и фанкойлами. Насосные станции. Выбор насосной станции. Определение ёмкости аккумулирующего бака.

9. Основные характеристики влажного воздуха.

Влажный воздух. Закон Дальтона. Весовая (объёмная) влажность. Влагосодержание. Абсолютная и относительная влажность. Плотность. Удельный объём и удельная энтальпия воздуха.

10. Диаграмма I-d влажного воздуха.

История создания диаграммы. Различие используемых в разных странах диаграмм. Температура точки росы. Температуры сухого и мокрого термометров. Процессы тепловлажностной обработки влажного воздуха в I-d диаграмме.

Процессы охлаждения, нагревания, увлажнения, осушения, смешения. Тепловлажностной коэффициент. Примеры применения I-d диаграммы. Расчет основных процессов и циклов с помощью I-d диаграммы.

11. Основные методы определения влажности воздуха.

- психометрический метод. Психрометры Августа и Ассмана;
- метод точки росы;
- гигроскопический метод;
- массовый (абсолютный) метод.

12. Расчет систем кондиционирования и вентиляции.

а) Расчет теплового баланса помещения.

- тепlopоступления и тепlopотери в результате разности температур;
- тепlopоступления от солнечного излучения через остекление;
- тепlopоступления от фильтрации;
- тепlopоступления от людей;
- тепlopоступления от ламп и осветительных приборов.

б) Расчет тепловлажностного баланса помещения.

- влаговыделения в помещении;
- влаговыделения от людей;
- влаговыделения от открытых водяных поверхностей;
- влаговыделения от влажных материалов;
- влаговыделения от химических реакции
- влаговыделения через неплотности оборудования;
- влаговыделения от смоченных поверхностей;
- приток влаги с инфильтрационным воздухом;

в) Расчет воздухообмена.

13. Аэродинамический расчет воздушных сетей.

- метод допустимых скоростей;
- метод постоянной потери напора.

Гидравлический расчет жидкостных коммуникаций.

- потери давления на трение;
- потери в местных сопротивлениях.

14. Рекомендации по выбору кондиционера. Основные заблуждения и вопросы, возникающие у потребителей при покупке систем кондиционирования.

### **3. КРИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА**

#### **3.1. Общие сведения**

Дисциплина «Криомедицинская техника» входит в состав вариативной части профессионального цикла ООП бакалавриата направления 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

#### **3.2. Содержание разделов дисциплины**

1. Область применения и перспективы развития криомедицинской техники.

Основные задачи криомедицинской техники. Области применения и перспективы развития криомедицинской техники.

## 2. Основы общей теории охлаждения и замораживания биологических систем.

Низкотемпературная кристаллизация в биологических системах. Свойства и роль воды в биологических системах. Структурные модели и свойства воды. Влияние ионов и ионных соединений. Состояние и свойства воды на поверхности, в капиллярных системах и клетках.

Молекулярная структура и физико-химические свойства льда. Термические свойства льда. Механизмы зародышеобразования кристаллов льда и роста кристаллов льда. Кристаллизация растворов. Кинетика роста кристаллов льда. Вязкостные свойства растворов и кристаллизация.

Замораживание биологических суспензий. Кинетика зарождения кристаллов льда в биологических суспензиях. Кинетика роста и плавление кристаллов льда в биологических суспензиях. Зависимость жизнеспособности клеток от скорости замораживания и отогрева. Аппаратура и методы исследования кристаллизационных процессов при замораживании. Криомикроскопия. Рентгенография. Вискозиметрия. Термография. Электрометрия. Охлаждение биологических систем. Продолжительность охлаждения. Темп охлаждения. Замораживание биологических систем. Продолжительность процесса замораживания. Замораживание при незначительной и принудительной циркуляции воздуха. Замораживание иммерсионным способом с применением различных хладагентов. Методика аппаратов и конструкции аппаратов для замораживания для замораживания биологических систем. Морозильные камеры.

## 3. Методика расчета процесса и оборудование для криоконсервации биологических систем.

Консервация биологических систем. Факторы, влияющие на сохранность клеток микроорганизмов при действии низких температур. Методы криоконсервации биологических систем. Классификация оборудования для криоконсервации биологических систем. Системно-структурный анализ процесса криоконсервирования биологических систем. Методы расчета и оптимизации процесса и аппаратов криоконсервации биологических систем.

Криобанки для различных биологических объектов. Кассетные системы для хранения микроорганизмов в жидком азоте.

## 4. Методика расчета процесса и аппаратов для деструкции тканей и низкотемпературного воздействия на биологические системы.

Основная цель криохирургического метода. Классификация скоростей охлаждения. Хирургические криоприборы. Криоэкстремальная терапия. Классификация криомедицинского инструмента и оборудования. Криомедицинский аппарат как аппарат криогенной техники. Методы расчета процесса охлаждения и замораживания при осуществлении криомедицинских технологий. Методы расчета аппаратов и инструментов криомедицинской техники.



## Литература

### Основная

1. Холодильные машины. Учебник под редакцией Л.С. Тимофеевского. Политехника, С.-Петербург, 2006 г.
2. А.В. Быков, И.М. Калнинь, А.С. Крузе. Холодильные машины и тепловые насосы. М.: ВО Агропромиздат, 1988 г.
3. Калнинь И.М. Расчет центробежных холодильных компрессоров. М.: МГУИЭ, 2000г., 75 с.
4. Калнинь И.М., Фадеков К.Н. Расчет винтовых холодильных компрессоров. М.: МГУИЭ, 2006г., 105 с.
5. Епифанова В.И. Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. М.: Машиностроение, 1974, 448 с.
6. Е.С.Курылев, Н.А.Герасимов. Холодильные установки. Учебник для студентов вузов - 3-е изд.перераб. и доп. - Л. Машиностроение, Ленингр.отд., 1980 г. 622 с.
7. И.Г.Чумак, В.П.Чепурненко и др. Холодильные установки. Под ред. д.т.н. проф. И.Г.Чумака - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Агропромиздат 1991 - 495 с. (Учебник и учебное пособие для студентов вузов).
8. Ананьев В.А. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Евроклимат, 2001.
9. В. Мааке, Г.Ю. Эккерт, Жан-Луи Кошкин. Учебник по холодильной технике. Изд. МГУ, 1998.
10. Машины низкотемпературной техники. Учебник. Под ред. А.М. Архарова и И.К. Буткевича. М.: МГТУ, 2011. - 582 с.
11. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Учебное пособие. Под ред. Сакуна И.А.- Л.: Машиностроение. 1987. - 423 с.
12. Теплофизические основы получения искусственного холода. Справочник. Под ред.А.В. Быкова. - М.: Пищевая промышленность, 1980. – 232 с.
13. Холодильные машины. Справочник. Под ред. А.В. Быкова. - М.: Пищевая промышленность, 1992. - 302 с.
14. Холодильные компрессоры. Справочник. Под ред.А.В. Быкова. М.: Колос, 1992. -302 с.
15. И.М. Калнинь, К.Н. Фадеков. Термодинамические циклы холодильных машин и тепловых насосов. М., МГУИЭ. 2006. 91 с.
16. Бражников А.М., Каухгешвили Э.И. Холод. Введение в специальность. М., Легкая и пищевая промышленность, 1984.
17. Курылев Е.С., Герасимов Н.А. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам. Л.: Машиностроение. 1971. - 315 с.
18. С.Н. Богданов, С.И. Бурцев, И.П. Иванов, А.В. Куприянова. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ. Справочник. СПГАХИТ. 1999. 308 с.
19. Вихревые аппараты. Суслов А.Д. и др. М.: Машиностроение. 1985.

20. Тимофеев А.В., Лубенец В.В. Исследование цикла холодильной машины с бессальниковым компрессором. Методические указания. М., МИХМ. 1984. 20 с.

21. Васютин В.А., Никиткина Г.В. Расчет и анализ низкотемпературных циклов. Методические указания. М., МИХМ. 1991. 32 с.

22. Аметистов Е.В., Дмитриев А.С. Монодисперсные системы и технологии. – М.: Издательство МЭИ, 2002. - 392 с.

#### Дополнительная

1. М.А. Сильман, М.Г. Шумелишский. Пароводяные эжекторные холодильные машины. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984г., 272с.

2. В.А. Щербин, Я.И. Гринберг. Холодильные станции и установки. - М.: Химия. 1979 г. - 376 с.

3. Проектирование холодильных сооружений. Справочник. Под ред. А.В. Быкова - М. Пищевая промышленность. 1978 г.

4. Холодильная техника/ В.Ф. Лебедев, И.Г. Чумак, Г.Д. Аверин. Под ред. В.Ф. Лебедева. М. Агропромиздат. 1986 г.

5. Баркалов Б.В., Карпис Е.С. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. М. Стройиздат, 1988.

6. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М. Стройиздат. 1985.

7. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман / М.: АСВ, 2001. – 688 с.

8. Фадеков К.Н. Испытания оконного кондиционера. Методические указания / Федер. агенство по образованию, Моск. гос. ун-т инж. экологии, М.: МГУИЭ, 2009. – 28 с.

9. Фадеков К.Н. Испытания настенной сплит-системы. Методические указания / Федер. агенство по образованию, Моск. гос. ун-т инж. экологии, М.: МГУИЭ, 2010. – 32 с.

10. Аметистов Е.В. Основы теории теплообмена: Учебное пособие. - М.: Издательство МЭИ, 2000.-247 с.

Руководитель образовательной программы \_\_\_\_\_ К.С. Крысанов