

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Казанский национальный исследовательский**  
**технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»**

Институт (факультет) Институт авиации, наземного транспорта и энергетики  
Кафедра Реактивных двигателей и энергетических установок

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе

«Криогенная техника»

Индекс по учебному плану: **Б1.Б.32.01**

Направление подготовки: **24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»**

Квалификация: **инженер**

Специализация: **«Проектирование систем охлаждения и устройств тепловой защиты в авиационных и ракетных двигателях»**

Вид(ы) профессиональной деятельности: **проектно- конструкторская,**  
**научно –исследовательская**

Разработчик: к.т.н., доцент каф. ТиЭМ К.В. Алтунин

Казань 2017 г.

# **РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1 Цель изучения дисциплины**

Цель изучения дисциплины: формирование теоретических знаний, получение практических умений и навыков применения основ криогенной техники.

## **1.2 Задачи изучения дисциплины**

Задачи изучения дисциплины:

- получение знаний о принципе работы холодильных и криогенных установок,
- получение знаний о применяемых холодильных агентах,
- приобретение умений и навыков разработки криогенных систем,
- получение знаний об основных рабочих процессах, показателях и характеристиках, а также методах теплового расчета холодильных, криогенных установок.

## **1.3 Место дисциплины в учебном процессе**

Магистерская программа «Криогенная техника» направлена на подготовку специалистов, удовлетворяющих запросам современной науки и промышленности. Выпускники должны быть способны к выполнению теоретических, расчётных и практических работ в области криогенной техники.

Программа ориентирована на подготовку специалистов для промышленных предприятий, научно-исследовательских центров, занимающихся эксплуатацией, расчётом, конструированием, изготовлением машин, установок, агрегатов, оборудования и приборов криогенной техники. Так же программа позволяет готовить специалистов для научных исследований процессов в криогенных системах и установках и для дальнейшего обучения в аспирантуре. Выпускники приобретают навыки использования современных методов исследования, создания и применения новых машин, установок, агрегатов, оборудования и приборов криогенной техники, и подготовлены к созданию и внедрению новых образцов криогенной техники и использованию технологий наукоёмкого производства для их расчёта, проектирования и изготовления.

Дисциплина «Криогенная техника» связана с дисциплинами «Проблемы энергии и энергосбережения в теплоэнергетике и теплотехнике»,

«Математическое моделирование», «Компьютерные технологии», «Термодинамика», а также с тематикой выпускной квалификационной работы магистра.

#### **1.4. Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины**

В ходе освоения дисциплины «Криогенная техника» должны быть реализованы компетенции:

ПСК-7.2 – Способность выполнять анализ сложных теплофизических процессов в перспективных конструкциях криогенных систем, в криогенных двигательных установках, проводить расчеты этих процессов с использованием современных компьютерных технологий, разрабатывать методики и программы проведения исследований и испытаний.

ПСК-7.3 – Способность организовывать проведение теплофизических экспериментов с криогенными жидкостями в криогенных системах и элементах двигательных установок.

ПСК-7.4 – Способность разрабатывать методы обработки и обобщения экспериментальных данных по тепломассообмену и гидродинамике при течении криогенных жидкостей в системах ракетных двигателей и энергетических установок с привлечением современных компьютерных технологий.

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

### 2.1. Структура дисциплины, ее трудоемкость

Таблица 1

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сем.зан.	сам.раб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 1.</i>	Получение низких температур и процессы охлаждения							ФОС ТК-1
Тема 1.1. Основные понятия и определения холодильной и криогенной техники.	8	2	2	2		2	ПСК-7.23, ПСК-7.33	Выполнение письменного задания
Тема 1.2. Свойства веществ при низких температурах	9	2	2	2		3	ПСК-7.23, ПСК-7.33	
<i>Раздел 2.</i>	Циклы холодильных и криогенных систем							ФОС ТК-2
Тема 2.1 Циклы холодильных машин	8	2	2	2		2	ПСК-7.23, ПСК-7.33, ПСК-7.43, ПСК-7.4У, ПСК-7.4В	Выполнение письменного задания
Тема 2.2. Циклы криогенных систем	9	2	2	2		3	ПСК-7.23, ПСК-7.33, ПСК-7.43	
<i>Раздел 3</i>	Низкотемпературная тепловая изоляция							ФОС ТК-3
Тема 3.1. Теплоизоляционные материалы	14	4	4	4		2	ПСК-7.23, ПСК-7.2У, ПСК-7.2В	Выполнение письменного задания
Тема 3.2. Системы хранения криогенных веществ	8	2	2	2		2	ПСК-7.33, ПСК-7.3У, ПСК-7.3В	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 4</i>	Криогенные силовые установки и двигатели							ФОС ТК-4
Тема 4.1. Криогенные силовые установки для транспорта	16	4	4	4		4	ПСК-7.23, ПСК-7.33, ПСК-7.43	Выполнение письменного задания
Экзамен	36					36		ФОС ПА
ИТОГО	108	18	18	18		54		

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сем. зан.	сам. раб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 5.</i>	Применение водорода в криогенной технике							ФОС ТК-5
Тема 5.1. Свойства водорода	28	5	2	5		16	ПСК-7.23	Выполнение письменного задания
Тема 5.2. Применение водорода как топлива и криогенного агента в двигателях	26	4	2	4		16	ПСК-7.23	
<i>Раздел 6.</i>	ЖРД на водороде							ФОС ТК-6
Тема 6.1. Особенности устройства ЖРД	28	5	2	5		16	ПСК-7.23	Выполнение письменного задания
Тема 6.2. Применение водорода в ЖРД	26	4	2	4		16	ПСК-7.23	
<i>Раздел 7.</i>	Расчет и моделирование аппаратов криогенных установок							ФОС ТК-7
Тема 7.1. Теплообменные аппараты	34	5	4	5		20	ПСК-7.23	Выполнение письменного задания

Тема 7.2. Теплообмен, разделение газовых смесей при низких температурах	26	4	2	4		16	ПСК-7.23, ПСК-7.2У, ПСК-7.33, ПСК-7.3У	задания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 8.</i>	Современные криогенные системы и установки							ФОС ТК-8
Тема 8.1. Современные криогенные установки и системы	48	9	4	9		26	ПСК-7.23, ПСК-7.33	Выполнение письменного задания
Экзамен	36					36		ФОС ПА
ИТОГО	252	36	18	36		126		

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость(в часах)					Коды составляющ их компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сем.зан.	сам.раб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 9.</i>	Получение низких температур и процессы охлаждения							ФОС ТК-1
Тема 9.1. Расчет криогенной установки	54			9		45	ПСК-7.2В, ПСК-7.3В, ПСК-7.4В	Выполнение письменного задания
<i>Раздел 10.</i>	Циклы холодильных и криогенных систем							ФОС ТК-2
Тема 10.1. Графическая работа	54			9		45	ПСК-7.3В	Выполнение графического задания
КП								ФОС ПА
ИТОГО	108			18		90		

## РАЗДЕЛ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

#### 3.1.1. Основная литература

1. Буткевич, И.К. Криогенные установки и системы: Учеб. Пособие. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 151 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58497>
2. Теплотехника: учебник для студ. вузов / М.Г. Шатров и др.; под ред. М.Г. Шатрова. – М.: Академия. 2011. – 288 с.

#### 3.1.2. Дополнительная литература

3. Дресвянников Ф.Н. Основы холодильной и криогенной техники. Лабораторный практикум: под ред. С.Э. Тарасевича. – Казань: Изд-во Каз. гос. техн. ун-та, 2010. – 74 с.
4. Цуранов О.А. Холодильная техника и технология: учебник для студ. вузов/ О.А. Цуранов, А.Г. Крысин. – СПб.: Питер, 2004. – 448 с.
5. Дьячок П.И. Холодильные машины и установки: Феликс, 2007. – 424 с.
6. Архаров А.М. и др. Криогенные системы: Учеб. для вузов по спец. «Техника и физика низких температур» - М.: Машиностроение, 1995. – 576 с.
7. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы: основы теории и расчета: учебник для студентов вузов по специальности «Криогенная техника». – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
8. Мартынов А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения: сборник задач: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 200 с.
9. Подольский А.Г., Лубяный Л.З., Оверко Н.Е. Свойства веществ при низких температурах: справочное пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 124 с.- русс.яз.
10. Беляков В.П. Криогенная техника и технология. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.
11. Бондаренко С.И., И.Н.Кудрявцев И.Н., Левин А.Я., Левченко Н.М., Муринец-Маркевич Б.Н., Пятак А.И. Разработка криогенной силовой установки для экологически чистого автомобиля // Вопросы атомной науки и техники. 2004. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (14), С. 152-157.
12. Зайцев А.В. Криогеника в начале XXI века // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование», №1, 2014.

13. <http://dearman.co.uk/>
14. <http://www.sciencedebate2008.com/cryogenic-engine-dermana/>
15. Архаров А.М., Кунис И.Д. Криогенные заправочные системы стартовых ракетно-космических комплексов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 252 с.: ил.
16. Подольский А.Г., Лубяный Л.З., Оверко Н.Е. Свойства веществ при низких температурах: Справочное пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 124 с. Русск. Яз.
17. Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение. 1969. – 547 с.
18. Штехер М.С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. Учебное пособие для авиационных вузов. М.: Машиностроение. 1976. – 304 с.
19. Алексеев В.П., Вайнштейн Г.Е., Герасимов П.В. Расчет и моделирование аппаратов криогенных установок. Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
20. Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты.: учебник / под общ. Ред. А.М. Архарова и И.К. Буткевича. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. - 582 с.
21. Архаров А.М. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов и установок. – М.: Машиностроение, 1987. – 536 с.
22. Усюкин Н.П. Установки, машины и аппараты криогенной техники. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1976. – 343 с.
23. Абарихин Н.П., Буравлева Е.В., Гавшин В.В. Чертежи деталей и приборов. Учебное пособие. Владимир: ВлГУ, 2011.

### **3.1.3 Методическая литература к выполнению практических и/или лабораторных работ**

1. Дресвянников Ф.Н. Основы холодильной и криогенной техники. Лабораторный практикум: под ред. С.Э. Тарасевича. – Казань: Изд-во Каз. гос. техн. ун-та, 2010. – 74 с.
2. Подольский А. Г., Лубяный Л. З., Черевик М.Г. Низкотемпературная техника: истоки, развитие, перспективы. Учебное пособие: - Харьков: НТУ «ХПИ», 2015. – с.-русск. яз.

### **3.1.4 Методические рекомендации для студентов, в том числе по выполнению самостоятельной работы**

Успешное освоение материала студентами обеспечивается посещением лекций и лабораторных работ, выполнением практических работ и самостоятельной работой. Активное участие студента в проведении экспериментальной части лабораторной работы будет способствовать освоению практических навыков работы в экспериментально-



исследовательской лаборатории. Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Для успешного усвоения материала необходимо предоставить каждому студенту в электронном виде материал, необходимый и достаточный для оформления презентации, отражающей основные положения теоретических основ и практических методов дисциплины. В качестве примера оценочных средств текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации предлагается использовать тестовые задания (для текущего контроля).

### **3.1.5 Методические рекомендации для преподавателей**

Успешное освоение материала обеспечивается тесной связью теоретического материала, преподносимого на лекциях, и теоретико-экспериментальной работой студентов на лабораторных, практических занятиях.

Освоение методов расчета термодинамических, теплообменных процессов в области холодильной и криогенной техники будет способствовать более глубокому пониманию тепловых процессов, происходящих при низких температурах. Преподаватель, читающий курс лекций, должен использовать для подготовки к занятиям литературу, указанную в основном и дополнительном списках, а также вновь изданную актуальную доступную литературу по тематике, связанной с различными модулями дисциплины. При изложении вопросов, предназначенных для самостоятельного изучения необходимо указать ссылки на литературу или электронные ресурсы. В ходе изучения дисциплины «Криогенная техника» может применяться виртуальная обучающая среда «Blackboard», что позволяет проводить обучение в дистанционной форме, а также использовать новые средства взаимодействия преподавателя и студента (онлайн-конференции, общение в блогах, форумы, онлайн-тестирование и т.п.).

Для контроля знаний студентов используются текущая аттестация (устный опрос, тесты) и промежуточная аттестация, проводимая в виде экзамена.

В ходе аттестаций, студентам начисляются заработанные баллы. Каждому количеству баллов соответствует определенная оценка успеваемости. Преподаватель обязан вести учет качества работы студентов и выражать его в балльной форме, иметь журнал учета посещения студентами лекций, практических занятий и выполнения лабораторных работ. Студенты должны иметь возможность с первой недели изучения предмета ознакомиться с информацией о требуемом объеме знаний. Итоговая оценка по дисциплине определяется по сумме баллов, полученных студентом по всем формам текущего контроля и баллов, полученных при сдаче экзамена.

## **3.2 Информационное обеспечение.**

### **3.2.1. Основное информационное обеспечение.**

1. Алтунин К.В. Криогенная техника. В системе Blackboard: [https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content\\_id=\\_233523\\_1&course\\_id=\\_12552\\_1](https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=_233523_1&course_id=_12552_1)

### **3.2.2 Дополнительное справочное обеспечение**

## **3.3 Кадровое обеспечение**

### **3.3.1 Базовое образование**

К ведению дисциплины допускаются научно-педагогические кадры, имеющие базовое образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, и систематически занимающиеся научной и (или) научно-методической деятельностью. Реализация основной образовательной программы магистратуры должна обеспечиваться научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, и ученую степень или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научной и(или) научно-методической деятельностью.

### **3.3.2 Профессионально-предметная квалификация преподавателей**

Преподаватель должен иметь научные и/или методические работы по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению двигателей летательных аппаратов, выполненных в течение трех последних лет. Реализация основной образовательной программы магистратуры должна обеспечиваться научно-педагогическими кадрами, имеющими соответствующую профессионально-предметную квалификацию по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника».

### **3.3.3. Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей**

Руководители учебных программ должны регулярно вести самостоятельные исследовательские (творческие) проекты или участвовать в исследовательских (творческих) проектах, иметь публикации в отечественных научных журналах (включая журналы из списка ВАК) и (или) зарубежных реферируемых журналах, трудах национальных и международных конференций, симпозиумов по профилю, не менее одного раза в пять лет проходить повышение квалификации. К ведению дисциплины допускаются кадры, имеющие стаж научно-педагогической работы (не менее 1 года); практический опыт работы по данному направлению на должностях руководителей или ведущих специалистов более 3 последних лет. Обязательным условием является прохождение повышения квалификации

(стажировки) не реже чем один раз в три года по профилю, соответствующему преподаваемой дисциплине, либо в области педагогики.