

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Теплообмен и теплозащита космических аппаратов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра аэрофизической механики и управления движением
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 45 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: С.В. Журин, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедре аэрофизической механики и управления движением 06.04.2020

Аннотация

Изучение учебной дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки магистранта, формирование соответствующих компетенций.

В учебной дисциплине рассматриваются основные теоретические понятия, концепции и подходы по современному состоянию и методам разработки теплозащитных покрытий ракетносителей и возвращаемых аппаратов, а также по современным моделям и методам нелинейных и переходных явлений в области механики жидкости и газа. Студенты знакомятся с моделями и методами анализа теплозащитных покрытий и нелинейных и переходных явлений в области механики жидкости и газа. Студенты учатся самостоятельно анализировать природные и технические явления с точки зрения полученных знаний, применять методы нелинейных и переходных явлений при решении научных задач.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по современному состоянию и методам разработки теплозащитных покрытий ракетносителей и возвращаемых аппаратов;
- формирование базовых знаний по современным моделям и методам нелинейных и переходных явлений в области механики жидкости и газа для использования в дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания по современным моделям и методам анализа теплозащитных покрытий;
- дать студентам базовые знания по современным моделям и методам нелинейных и переходных явлений в области механики жидкости и газа;
- научить студентов самостоятельно анализировать природные и технические явления с точки зрения полученных знаний, применять методы нелинейных и переходных явлений при решении научных задач.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- фундаментальные понятия, методы и теории теплообмена в теплозащитных покрытиях;
- современные методы в аэротермодинамике;
- современные расчетные и экспериментальные методы, используемые при разработке теплозащиты.

уметь:

- решать прикладные и технологические задачи теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- формировать физические модели для задач теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- формировать математические постановки для математического и экспериментального моделирования процессов теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- составлять численные модели задач теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и вычислительные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками самостоятельной работы;
- навыками критического и конструктивного анализа информации, присутствующей в научных публикациях и в интернете;
- навыками постановки и вычислительного моделирования задач аэрофизической механики, механики жидкости и газа.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Тепловая защита. Классификация.	6	2		6
2	Активные способы защиты.	9	2		6
3	Влияние вдува на теплообмен.	6	3		8
4	Методы экспериментального определения распределений теплообмена.	6	2		6
5	Теплозащитные покрытия.	6	2		6
6	Анализ теплообмена и работы ТЗП по результатам послеполетного осмотра спускаемых аппаратов "Союз".	6	2		7
7	Радиационный способ защиты на современном этапе.	6	2		6
Итого часов		45	15		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Тепловая защита. Классификация.

Классификация. Пассивная защита. Теплоемкость и внутреннее конвективное охлаждение. Радиационная защита. Достоинства и недостатки.

2. Активные способы защиты.

Пленочное и пористое охлаждение. Механизм воздействия подачи газа в пограничный слой (вдув) на трение и теплопередачу.

3. Влияние вдува на теплообмен.

Влияние физических свойств вдуваемого газа на теплообмен. Универсальная зависимость для расчета влияния вдува на теплообмен. Сравнение эффективности пористого и внутреннего конвективного охлаждения.

4. Методы экспериментального определения распределений теплообмена.

Оптимизация экспериментальных исследований на основе применения программных комплексов “Flow Vision” и “Aeroshape”. Натурные эксперименты.

5. Теплозащитные покрытия.

Теплота фазовых переходов. Эффективная энтальпия материала, метод ее определения. Газификация материалов. Влияние вдува на величину эффективной энтальпии. Классификация теплозащитных материалов по определяющему механизму разрушения. Оплавляющиеся материалы. Материалы, химически реагирующие с набегающим потоком. Графит. Кинетический режим окисления. Приближенное уравнение для скорости уноса.

6. Анализ теплообмена и работы ТЗП по результатам послеполетного осмотра спускаемых аппаратов “Союз”.

Анализ теплообмена и работы ТЗП по результатам послеполетного осмотра спускаемых аппаратов “Союз”.

7. Радиационный способ защиты на современном этапе.

Концепция тепловой защиты аппарата “Спираль”. Тепловая защита аппаратов “Буран”, “Шаттл” и “Клипер”.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Теория теплопроводности [Текст] / А. В. Лыков - М. Гостехиздат, 1952
1. Авдеевский В.С. и др. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике», М., Машиностроение, 1985г.
2. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. «Тепловая защита», М., «Энергия», 1967г.

Дополнительная литература

1. Взаимодействие материалов с газовыми потоками [Текст]/Б. М. Панкратов, Ю. В. Полежаев, А. К. Рудько, -М., Машиностроение, 1976

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

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm> Мир Математических Уравнений
<http://elibrary.ru/defaultx.asp> российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 19 млн научных статей и публикаций
www.mathnet.ru/ Общероссийский математический портал
<http://www.netlib.org/na-digest-html/> Netlib, a collection of mathematical software, papers, and databases
<http://www.cfd-online.com/> Ресурс по вычислительной газодинамике CFD Online
<http://arxiv.org/> Open access to 993,562 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science

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

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).

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

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе).

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате индивидуальных консультаций.

Критерием качества владения материалом служит умение анализировать и применять на практике полученную на лекциях информацию соответствующего уровня сложности.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Космические технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра аэрофизической механики и управления движением
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: С.В. Журин, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теплообмен и теплозащита космических аппаратов» обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные понятия, методы и теории теплообмена в теплозащитных покрытиях;
- современные методы в аэротермодинамике;
- современные расчетные и экспериментальные методы, используемые при разработке теплозащиты.

уметь:

- решать прикладные и технологические задачи теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- формировать физические модели для задач теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- формировать математические постановки для математического и экспериментального моделирования процессов теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- составлять численные модели задач теплообмена и теплопереноса в теплозащитных покрытиях;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и вычислительные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками самостоятельной работы;
- навыками критического и конструктивного анализа информации, присутствующей в научных публикациях и в интернете;
- навыками постановки и вычислительного моделирования задач аэрофизической механики, механики жидкости и газа.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примеры экзаменационных билетов:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Теплоемкость и внутреннее конвективное охлаждение.
2. Теплота фазовых переходов.
3. Тепловая защита аппаратов «Буран», «Шаттл» и «Клипер».

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Газификация материалов.
2. Решение задачи теплопроводности для тел с уносом.
3. Оплавляющиеся материалы.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Кинетический режим окисления
2. Влияние вдува на величину эффективной энтальпии.
3. Сравнение эффективности пористого и внутреннего конвективного охлаждения.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.