

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт строительства и архитектуры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке

_____ В.В. Кружаев
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Образовательная программа высшего образования <i>Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение</i>	Код ОП 08.06.01
Направление подготовки <i>Техника и технологии строительства</i>	Код направления и уровня подготовки 08.06.01
Уровень подготовки Подготовка кадров высшей квалификации	
Квалификация, присваиваемая выпускнику Исследователь. Преподаватель - исследователь	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: от 30 июля 2014 г. № 873 с изменениями и дополнениями от 30.04.2015 г.
ФГОС высшего образования	

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2016 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Ширяева Нина Павловна.	к.т.н., доцент	заведующ ий кафедрой	кафедра Теплогазоснаб жение и вентиляция	
2					

Рекомендовано учебно-методическим советом института строительства и архитектуры

Председатель учебно-методического совета

З.В. Беляева

Согласовано:

Начальник ОПНПК

О.А.Неволина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование процессов тепломассопереноса

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Цели и задачи дисциплины - познакомить аспирантов с идеями и методами математической физики, привить им навыки работы с математической и физической литературой, опыт решения физических задач с использованием математических методов, понимание связи свойств математических объектов со свойствами реальных физических систем.

Место дисциплины-модуля в модульной структуре образовательной программы

1	Пререквизиты	«История науки (по отраслям)»
2	Корреквизиты*	«Научно-исследовательский семинар»
3	Постреквизиты*	«Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», Итоговая государственная аттестация

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства (ОПК-1);
- способность разрабатывать физико-математические модели объектов и процессов при проектировании инженерных конструкций, сооружений и процессов (ПК-1);
- готовность использовать современное программное обеспечение систем проектирования и расчета, владение языками программирования в области конструкторско-технологической подготовки, средствами автоматизированного проектирования изделий, систем и процессов (ПК-3);
- способность разрабатывать технические задания и технико-экономические обоснования на создание наукоемких изделий для строительства, обеспечения производственных и технологических процессов теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения и освещения (ПК-4);
- готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах в области теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения и освещения (ПК-5).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные физические свойства жидкостей и газов;
- законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты;
- законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам;

Уметь:

- анализировать результаты решения конкретных задач с целью построения более совершенных моделей и развития методов их реализации;
- рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течениях в каналах (трубах);
- рассчитывать передаваемые тепловые потоки;
- рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты;
- самостоятельно анализировать научные публикации;

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами дифференцирования, интегрирования функций, основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем;
- основами расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	-	-	-
4.	Лабораторные работы	-	-	-
5.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	100	0,6	100
6.	Промежуточная аттестация	4	0,25	4
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	0,85	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий).

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного аспиранта.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Процессы теплопереноса и их математическое описание. Уравнения теплопроводности (диффузии) и их классификация	Основные уравнения математических моделей процессов теплопереноса. Эмпирические закономерности Фурье и Фика. Парадоксы классической теории теплопроводности. Волновые уравнения нестационарного теплопереноса.
P2	Понятие о фрактальной формулировке уравнений переноса и методах дробного дифференцирования.	Операции дробного дифференцирования и их применение к новой формулировке задач переноса. Приближенное решение задач теплопроводности (диффузии) с использованием аппарата дробного дифференцирования.
P3	Приближенные аналитические методы решения задач теплопереноса. Вариационная формулировка задач теплопроводности и диффузии. Прямые методы решения вариационных задач.	Основы вариационного исчисления. Вариационный функционал в задачах теплопроводности. Вариационная формулировка граничных условий. Понятие локального потенциала применительно к вариационной формулировке нестационарных задач. Методы Ритца, Третьяка, Канторовича, Бубнова-Галеркина.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

4. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента
Процессы тепломассопереноса и их математическое описание. Уравнения теплопроводности (диффузии) и их классификация	*										
Понятие о фрактальной формулировке уравнений переноса и методах дробного дифференцирования.	*										
Приближенные аналитические методы решения задач тепломассопереноса. Вариационная формулировка задач теплопроводности и диффузии. Прямые методы решения вариационных задач.	*										

Ф
О
Д
Ц
Е
Н
О
Ч
Н
Ы
Х

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Клименко, В. А. Математическое моделирование. Специальные разделы высшей математики / Клименко В.А., Рыбалко А.Ф. — УМК .— 2012 .— Современная

вычислительная математика ориентирована на использование компьютеров для прикладных расчетов. Любые математические приложения начинаются с построения модели явления (изделия, действия, ситуации или другого объекта), к которому относится изучаемый вопрос. Классическими примерами математических моделей могут служить определенный интеграл, уравнение колебаний маятника, уравнение теплообмена, уравнения математической физики (уравнения диффузии, гидродинамики, электромагнитного поля и т.п.).
— в корпоративной сети УрФУ .—
<URL:http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=10850>..

2. Табунщиков, Юрий Андреевич. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач .— М. : АВОК-ПРЕСС, 2002 .— 194 с. : ил. ; 27 см .— (Математическая библиотека) .— Библиогр.: с. 194 (17 назв.). — без грифа .— ISBN 5-945330-02-7 : 80.00. — 1 экз.
3. Караджи, Вячеслав Георгиевич. Вентиляционное оборудование. Технические рекомендации для проектировщиков и монтажников / В. Г. Караджи, Ю. Г. Московко .— Москва : АВОК-ПРЕСС, 2010 .— 432 с. [8] л. цв. ил. : ил. ; 27 см + 3 электрон. опт. диска (CD-ROM) .— (Техническая библиотека НП "АВОК") .— Прилагается 3 компакт-диска. - Тираж 3000 экз. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-98267-060-1. — 1 экз.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Арсенин, В. Я. Методы математической физики и специальные функции / В.Я. Арсенин .— М. : Издательство Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1974 .— 432 с. — <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479568>>.
2. Бабенко, Юрий Иванович. Метод дробного дифференцирования в прикладных задачах теории тепломассообмена / Ю. И. Бабенко .— СПб. : Професионал, 2009 .— 582, [1] с. — Библиогр.: с. 578-583 (69 назв.). — ISBN 978-5-91259-026-9. — 1 экз.
3. Тихонов, Андрей Николаевич. Уравнения математической физики : [учеб. пособие для вузов] / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский .— 5-е изд., стер. — М. : Наука, 1977 .— 735 с. : граф. — 114 экз.
4. Карслоу, Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу ; Д. Егер .— Москва : Изд-во "Наука", 1964 .— 488 с. — ISBN 978-5-4458-5195-0 .—
<URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222276>>..
5. Карташов, Эдуард Михайлович. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел : Учеб. пособие для студентов вузов / Э.М. Карташов .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2001 .— 550 с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 539-547 (215 назв.). — рекомендовано в качестве учебного пособия .— ISBN 5-06-004091-7 : 89.00. — 28 экз.
6. Будак, Борис Михайлович. Сборник задач по математической физике : учеб. пособие для вузов / Б. М. Будак, А. А. Самарский, А. Н. Тихонов .— 4-е изд., испр. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004 .— 688 с. : ил. — Рек. М-вом образования РФ .— Библиогр.: с. 687-688 (50 назв.). — ISBN 5-9221-0311-3. — 99 экз.
7. Полянин, Андрей Дмитриевич. Справочник по интегральным уравнениям / А. Д. Полянин, А. В. Манжиров .— Москва : Физматлит, 2003 .— 608 с. ; 25 .— (Справочная физико-математическая литература) .— .— Библиогр.: с. 605-608 .— ISBN 5-9221-0288-5 : 250-00 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2278>.
8. Зайцев, Валентин Федорович. Справочник по дифференциальным уравнениям с частными производными первого порядка / В. Ф. Зайцев, А. Д. Полянин .— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003 .— 416 с. ; 25 см .— (Справочная физико-математическая литература) .— Загл. обл.: Справочник. Дифференциальные уравнения с частными производными первого порядка. — Библиогр.: с. 414-416. — ISBN 5-922102-87-7 : 172.96. — 3 экз.

9. Диткин, Виталий Арсеньевич. Операционное исчисление : [учебное пособие для вузов] / В. А. Диткин, А. П. Прудников .— Изд. 2-е, доп. — Москва : Высшая школа, 1975 .— 407 с. : черт. — Библиогр.: с. 400-401 (33 назв.) .— Алф. указ.: с. 402-405. — 4 экз
10. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий / М.И. Гримитлин, Г.М. Позин, О.Н. Тимофеева и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1993 .— 286с. — 7 экз.

7.2. Методические разработки

не используются

7.3. Программное обеспечение

1. ОС Windows 7/8/8.1/10,
2. Microsoft Office 365
3. PTC Mathcad Prime 3.0
4. Autodesk AutoCAD 2014
5. Autodesk 3ds Max 2014
6. Autodesk Inventor Professional 2014
7. SolidWorks Education Edition
8. Matlab R2015a, Simulink 8.5, Toolboxes
9. Statastica 13
10. ANSYS Academic CFD Turbo Tools

7.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Электронные ресурсы ЗНБ УрФУ. Код доступа:
[URL:http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=169](http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=169)
2. Поисковые системы: Google (<http://google.ru>), Yandex (<http://yandex.ru>)
3. <http://elibrary.ru/defaultx.asp/> Научная электронная библиотека
4. <http://www.iprbookshop.ru> Электронная библиотечная система « IPRbooks»
5. <http://window.edu.ru/> Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
6. [http://www.educentral.ru//](http://www.educentral.ru/) Российский образовательный портал
7. <http://ru.wikipedia.org> База знаний Wikipedia
8. <http://www.tdtp.ru/> (Метрология и измерительные приборы)
9. http://www.ecolan.ru/imp_info/standarts/list/ (Перечень стандартов)
10. <http://library.urfu.ru/> Зональная научная библиотека УрФУ
11. ИС «Техэксперт». Режим доступа из корпоративной сети университета: <http://sk5-410-lib-te.at.urfu.ru/docs/>

7.5. Электронные образовательные ресурсы

1. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (режим доступа: <http://window.edu.ru>)

. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

№	Аудитория, место нахождения	Характеристика кабинета / аудитории и программного обеспечения
1	Ул. Мира,17 С-309	Современная эргономичная мебель для студентов (на 40 чел.); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader,
2	Ул. Мира,17 С-305	Современная эргономичная мебель для студентов (на 60 человек); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader, KasperskyAntivirus
3	Ул. Мира,17 СП-108	Компьютерный класс Современная мебель для студентов (на 14 человек); Компьютер (14 ед.); Мультимедийный проектор; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader, KasperskyAntivirus, Маркерная доска; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader, KasperskyAntivirus
4	Ул. Мира,17 СП-206	Компьютерный класс Современная мебель для студентов (на 14 человек); Компьютер (14 ед.); Мультимедийный проектор; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader, KasperskyAntivirus, Маркерная доска; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader, KasperskyAntivirus Сканер Плоттер Копир Лазерный принтер
5	Ул. Мира,17 СП-203	Методический кабинет, обеспеченный литературой Современная эргономичная мебель для студентов (на 15 чел.) Мультимедийный проектор; Компьютер; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MSOffice, AdobeReader, KasperskyAntivirus
6	Ул. Мира,17 С-204, 206	Применение виртуальных занятий с использованием цифровой аппаратуры и компьютерной графики.
		Нормативно-техническая литература (ГОСТ, СНиП, МГСН, СП, и т.д.). Кафедра ГС
7	Ул. Мира,17 С-316а	Лаборатория кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция со специализированными лабораторными установками и оборудованием компьютеры с выходом в Интернет Лицензионное ПО: MS Office, AdobeReader, KasperskyAntivirus

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие,

			самостоятельность, творческий подход.
--	--	--	--

8.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.2.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий
не предусмотрено

8.2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий
не предусмотрено

8.2.3. Примерные контрольные кейсы
не предусмотрено

8.2.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Принципиальные схемы систем водяного, парового, воздушного, лучистого, газового и печного отопления. Центральные и местные системы отопления. Современные и перспективные системы отопления зданий различного назначения.
2. Гидравлический режим систем, расчет гравитационных и насосных систем водяного отопления. Тепловой режим при панельно-лучистом отоплении.
3. Пусковое и эксплуатационное качественно-количественное регулирование теплоотдачи системами отопления, учет расхода теплоты. Энергосбережение при проектировании и эксплуатации систем отопления.
4. Использование нетрадиционных источников энергии.
5. Санитарно-гигиенические и технологические основы вентиляции. Классификация систем вентиляции.
6. Свойства влажного воздуха как рабочего тела вентиляционных процессов. Тепловой, влажностный и газовый режимы вентилируемого помещения. Требуемый и расчетный воздухообмен в помещении по основным вредностям: теплоте, влаге, газам, пыли. Нестационарный режим вентилируемого помещения.
7. Аэродинамические основы организации воздухообмена в помещении. Аэродинамические характеристики приточных и вытяжных струй. Движение воздуха вблизи вытяжных и приточных отверстий. Конвективные струи.
8. Основные положения конструирования вентиляционных систем здания.
9. Аэродинамический расчет систем вентиляции с гравитационным и механическим побуждением движения воздуха.
10. Устройства для нагревания воздуха и утилизации тепла. Принципиальные схемы, классификация, конструктивное устройство и расчет.
11. Аэродинамические характеристики здания, моделирование процессов аэродинамики здания и промплощадок.
12. Основы методов расчета рассеивания вредных выбросов в атмосфере. Экологическая оценка систем.
13. Модели тепло- и массопередачи в аппаратах кондиционирования, предельные равновесные состояния.
14. Процессы кондиционирования воздуха в центральных и местных системах кондиционирования воздуха (СКВ). Принципиальные схемы и решения СКВ в зданиях различного назначения. Методы расчета.
15. Холодо- и теплоснабжение центральных, местных и центрально-местных СКВ.
16. Оценка эффективности и технико-экономической целесообразности систем утилизации теплоты. Конструктивные особенности и методы подбора устройств для утилизации теплоты.
17. Обоснование выбора схем присоединения местных систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции к наружным тепловым сетям. Расчет теплообменных

- аппаратов для систем отопления и горячего водоснабжения. Выбор методов и регулирование отпуска теплоты:
18. Техничко-экономический расчет диаметров трубопроводов. Надежность тепловых сетей, основные понятия и показатели надежности.
 19. Схемы, конструкции и оборудование тепловых сетей. Элементы теплопроводов, их расчет и подбор.
 20. Основные физико-химические свойства горючих газов, используемых для газоснабжения. Обработка и магистральный транспорт газа.
 21. Схемы городских систем газоснабжения. Конструкции, оборудование и устройство газопроводов. Защита газопроводов от коррозии.
 22. Нормы и графики потребления газа. Регулирование неравномерности потребления. Определение расчетных расходов газа.
 23. Гидравлический расчет газовых сетей. Расчет потокораспределения в кольцевых сетях. Надежность газовых сетей, основные понятия и критерии надежности.
 24. Промышленные и внутридомовые системы газоснабжения, устройство, классификация, выбор расчетных параметров и технико-экономическое обоснование схем.
 25. Сжиженные углеводородные газы, их основные свойства. Технологическая схема и основное оборудование газораспределительных станций.
 26. Теоретические основы сжигания газов. Химическое равновесие реакции горения. Основные положения теории цепного воспламенения. Распространение пламени в ламинарном и турбулентном потоках.
 27. Тепловой баланс воздуха в помещении. Полная система уравнений теплообмена в помещении.
 28. Стационарная и нестационарная теплопередача через ограждение, методы расчета.
 29. Воздухопроницаемость строительных материалов и конструкций. Воздушный режим здания. Теплопередача через ограждения при наличии воздухопроницаемости ограждений.
 30. Основы термодинамики влажного воздуха. Учет влажностного режима при расчете теплопередачи через ограждение.
 31. Тепло- и массообмен в наружных ограждениях. Методы расчета.
 32. Зимний и летний тепловые режимы помещений жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий, расчет и регулирование. Теплоустойчивость помещения.
 33. Методы расчета потребления энергии и энергосбережения при эксплуатации зданий. Разработка и оптимизация объемно-планировочных и конструктивных решений зданий с учетом протекающих в них процессов и природно-климатических условий.