

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И АРХИТЕКТУРЫ"**

Факультет инженерных и экологических систем в строительстве  
Кафедра «Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции»

"УТВЕРЖДАЮ":  
Декан факультета  
  
Лукьянов А.В.  
«30» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.6.2 " Моделирование процессов систем ТГВ"**

Направление подготовки ОПОП ВПО магистратуры 08.04.01 "Строительство"

Программа подготовки  
**«Повышение эффективности систем теплогазоснабжения и вентиляции»**

Год начала подготовки по учебному плану 2017

Квалификация (степень) выпускника "Магистр"

Форма обучения очная

Макеевка 2017 г.

**Программу составил:**  
к.т.н., доцент Монах С.И.


  
(подпись)

**Рецензенты:**  
д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

  
(подпись)

ГОУ ВПО ДонНАСА, заведующий кафедрой теплотехники, теплогазоснабжения и  
вентиляции

д.т.н., профессор Найманов А.Я.

  
(подпись)

ГОУ ВПО ДонНАСА, профессор кафедры «Городское строительство и хозяйство»

Рабочая программа дисциплины "**Моделирование процессов систем ТГВ**" разработана в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования ГОС ВПО по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (уровень "магистр") (утверждён приказом Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики от "19" апреля 2016 г. №395) и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГСО ВО 34974) по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (уровень магистратуры) (утвержден приказом Министерства образования и науки России от "30" октября 2014 г. № 1419).

Составлена на основании учебного плана:

08.04.01 Строительство, программа подготовки "Повышение эффективности систем теплогазоснабжения и вентиляции", утверждённого Учёным советом ГОУ ВПО ДонНАСА 26.06.2017 г., протокол №10

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры  
**"Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция"**

Протокол от 28.08.2017 г. № 1

Срок действия программы: 2017-2022 уч.гг.

Заведующий кафедрой:

д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

  
(подпись)

Одобрено советом (методической комиссией) факультета инженерных и экологических систем в строительстве (ФИЭСС) протокол № 1 от "29" августа 2017 г


Председатель УМК направления подготовки:

д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

  
(подпись)

Начальник учебной части:

к.гос.упр., доцент Сухина А.А.

  
(подпись)

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

"Утверждаю":

Председатель УМК факультета д.т.н., профессор Лукьянов А.В.



(подпись)

"30" 08 2018 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2018-2019 учебном году на заседании кафедры "Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции"

Протокол от "28" 08 2018 г., № 1

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор Лукьянов А.В.



(подпись)

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

"Утверждаю":

Председатель УМК факультета д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

\_\_\_\_\_

(подпись)

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2019 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры "Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции"

Протокол от "\_\_" \_\_\_\_\_ 2019 г., №\_\_

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

\_\_\_\_\_

(подпись)

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

"Утверждаю":

Председатель УМК факультета д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

\_\_\_\_\_

(подпись)

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры "Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции"

Протокол от "\_\_" \_\_\_\_\_ 2020 г., №\_\_

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

\_\_\_\_\_

(подпись)

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

"Утверждаю":

Председатель УМК факультета д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

\_\_\_\_\_

(подпись)

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры "Теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции"

Протокол от "\_\_" \_\_\_\_\_ 2021 г., №\_\_

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор Лукьянов А.В.

\_\_\_\_\_

(подпись)

## Содержание

<b>I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....</b>	<b>1</b>
1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	5
2. Учебные задачи дисциплины (модуля).....	5
3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (основной профессиональной образовательной программы высшего образования) ..	5
4. Требования к результатам освоения содержания дисциплины (модуля)	6
5. Формы контроля.....	7
<b>II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>8</b>
1. Общая трудоёмкость дисциплины .....	8
2. Содержание разделов дисциплины .....	8
3. Обеспечение содержания дисциплины.....	12
<b>III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>13</b>
<b>IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ..</b>	<b>14</b>
1. Рекомендуемая литература .....	14
2. Рекомендуемые обучающие, справочно-информационные, контролирующие и прочие компьютерные программы, используемые при изучении дисциплины.....	15
3. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	15
<b>V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА .....</b>	<b>15</b>
Вопросы к экзамену / зачету / зачету с оценкой.....	24
Примеры тестов для текущего контроля.....	25
Примеры заданий для промежуточной аттестации.....	26
Типовые вопросы для творческих заданий.....	26
Типовые вопросы для творческого рейтинга.....	26
Типовый билет .....	27
Формирование балльной оценки .....	30
Лист регистрации изменений .....	32

# I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** дисциплины является:

- обеспечение теоретической и практической подготовки к использованию средств и методов математического моделирования теплообменных процессов в системах ТГВ;
- формирование представления о принципах построения математических моделей технологических процессов систем ТГВ и пределах применимости различных моделей с учетом их адекватности реальным физическим процессам;
- формирование умения составлять математические модели с учетом начальных и граничных условий и применять математические модели процессов для расчета их параметров и проведения их оптимизации.

## 2. УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Задачами дисциплины являются:

- 1) приобретение понимания о вычислительном эксперименте как современном методе исследования;
- 2) знание принципов построения математических моделей, основных типов моделей и современных программных средств компьютерного исследования математических моделей;
- 3) развитие навыков самостоятельного ориентирования в широком круге теоретических вопросов в области численных методов исследования тепломассообменных процессов в системах ТГВ и их оптимизации.

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина "Моделирование процессов систем ТГВ", относится к вариативной (обязательной) части учебного плана Б1.В.ДВ.7

3.1 Требования к предварительной подготовке обучающихся:

Дисциплина "Моделирование процессов систем ТГВ" базируется на дисциплинах цикла Б2: Б2.Б1 «Математика»; Б2.Б5 «Физика»; Б2.Б4 «Прикладная химия»; Б2.Б2 «Информатика»; Б1.В.ОД2 «Техническая термодинамика»; Б1.В.ОД3 «Тепломассообмен»; Б1.В.ДВ.3 «Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем»; Б1.В.ОД1 «Техническая механика жидкости и газов»; Б1.В.ОД5 «Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий)»; Б1.В.ОД6 «Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ»; Б1.В.ОД7 «Отопление»; Б1.В.ОД8 «Вентиляция»; Б1.В.ОД10 «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий»; М2.В.ДВ.6 «Теплообмен в системах ОВ и К».

3.2 Приобретённые компетенции после изучения предшествующих дисциплин

Для успешного освоения дисциплины "Моделирование процессов систем ТГВ", студент должен:

1. Знать основные законы теории тепломассообмена и технической термодинамики, и применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов тепломассообмена и преобразования энергии в них (ОПК-1);
2. Уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);
3. Владеть основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей теплового оборудования, составления конструкторской документации и деталей (ОПК-3); умением использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК-8);

3.3	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:
Изучение дисциплины "Моделирование процессов систем ТГВ" необходимо для дальнейшего изучения таких дисциплин, как дисциплины учебного плана магистратуры: БЗ.В.ДВ.8«Испытание и наладка систем отопления, вентиляции и кондиционирования», «Испытание и наладка систем теплоснабжения»	
<b>4. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<p>В результате освоения дисциплины "Моделирование процессов систем ТГВ" должны быть сформированы следующие компетенции:</p> <p><b>ОПК-4:</b> способность демонстрировать знания фундаментальных и прикладных дисциплин программы магистратуры;</p> <p><b>ОПК-10:</b> способность и готовность ориентироваться в постановке задач моделирования систем ТГВ, применять знания о современных методах исследования, анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию;</p> <p><b>ПК-7:</b> способность разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели систем ТГВ;</p>	
<p><b>Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность</b>  В результате освоения компетенции <b>ОПК-4</b> студент должен:</p> <p><b>1. Знать:</b>  - основные источники научно-технической информации по технологическим особенностям и моделированию производственных систем ТГВ.</p> <p><b>2. Уметь:</b>  - разрабатывать технологические системы ТГВ нового поколения с использованием методов математического моделирования.</p> <p><b>3. Владеть:</b>  - современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями разработки процессов в системах ТГВ.</p>	
<p><b>Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность</b>  В результате освоения компетенции <b>ОПК-10</b> студент должен:</p> <p><b>1. Знать:</b>  - современный подход к постановке задач математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ, методы анализа и синтеза полученной информации.</p> <p><b>2. Уметь:</b>  - разрабатывать математические модели процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ нового поколения с использованием методов анализа и синтеза информации.</p> <p><b>3. Владеть:</b>  - информацией о новейших достижениях в области математического моделирования технологических систем ТГВ.</p>	
<p><b>Производственно-технологическая и производственно-управленческая деятельность</b>  В результате освоения компетенции <b>ПК-7</b> студент должен:</p> <p><b>1. Знать:</b>  - современные модели усовершенствования существующих и разработки новых перспективных систем ТГВ.</p> <p><b>2. Уметь:</b>  - применять на практике методы разработки физических и математических (компьютерных) моделей технологических систем ТГВ с использованием современных программных средств.</p> <p><b>3. Владеть:</b>  - методами разработки и верификации моделей сложных систем ТГВ, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы.</p>	

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-4** студент должен:

**4. Знать:**

- существующие методы математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ.

**5. Уметь:**

- проводить исследования технологических систем ТГВ нового поколения с использованием методов математического моделирования.

**6. Владеть:**

- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями исследования процессов в системах ТГВ.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ОПК-10** студент должен:

**1. Знать:**

- современный подход к постановке задач математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ, методы анализа и синтеза полученной информации.

**2. Уметь:**

- формулировать задачи исследования и разрабатывать математические модели процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ нового поколения с использованием методов анализа и синтеза информации.

**3. Владеть:**

- современными методами аналитических исследований процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ, методами анализа и синтеза полученной информации.

**Экспериментально-исследовательская деятельность**

В результате освоения компетенции **ПК-7** студент должен:

**1. Знать:**

- современные модели усовершенствования существующих и разработки новых перспективных систем ТГВ.

**2. Уметь:**

- разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ с использованием современных программных средств.

**3. Владеть:**

- методами разработки и верификации математических и физических моделей сложных систем ТГВ, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы;  
- культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий

**5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ**

*Текущий контроль* осуществляется лектором и преподавателем, ведущим практические занятия, в соответствии с календарно-тематическим планом.

*Промежуточная аттестация во II семестре – зачет*

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации формируют рейтинговую оценку работы студента. Распределение баллов при формировании рейтинговой оценки работы студента осуществляется в соответствии с "Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов при кредитно-модульной системе организации учебного процесса в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры" (Приложение 1).

## II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 часа.  
Количество часов, выделяемых на контактную работу с преподавателем (лекции, практические занятия) и самостоятельную работу студента, определяется рабочим учебным планом (на основании базового учебного плана) и календарно-тематическим планом, которые разрабатываются и корректируются ежегодно

### 2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование разделов и тем (содержание)	Сем./Курс	Час.	Компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
<b>Раздел 1. Понятия и определения теории моделирования</b>						
1	<b>Тема 1</b> Общие положения теории моделирования. Виды моделирования. Материальное моделирование. Аналоговое моделирование.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - виды моделирования, применимые для создания моделей процессов тепло и массопереноса в системах ТГВ. <b>Уметь:</b> определять методы математического моделирования тепло-массообменных процессов в системах ТГВ. <b>Владеть:</b> информацией о новейших достижениях в области математического моделирования технологических систем ТГВ.	Л, СР
<b>Раздел 2. Планирование эксперимента и анализ размерностей</b>						
2	<b>Тема 2</b> Правильное применение анализа размерностей. Теорема Бэкингема. Метод последовательного исключения размерностей. Решение теоремы Бэкингема. Применение теории подобия.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> основы теории подобия процессов тепло и массопереноса и теории размерностей; - теорему Бэкингема и метод последовательного исключения размерностей. <b>Уметь:</b> применять для разработки математических моделей основы теории подобия и теории размерностей. <b>Владеть:</b> методиками применения теории подобия и теории размерностей.	Л, СР
<b>Раздел 3. Математическое моделирование</b>						
3	<b>Тема 3</b> Классификация математических моделей. Примеры сложных энергетических и теплотехнических систем. Их состав и структура. Инженерные системы зданий и сооружений: системы отопления, системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Энергетический баланс технической системы как отражение ее энергетической эффективности. Задачи расчета сложных теплотехнических систем. Вычислительный эксперимент. Основы информационных технологий.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - классификацию математических моделей; - принципы моделирования сложных энергетических и теплотехнических систем; - методику проведения вычислительного эксперимента. <b>Уметь:</b> - определять состав и структуру объекта моделирования; - формулировать задачи исследований сложных теплотехнических систем. <b>Владеть:</b> - методиками анализа энергетического баланса технической системы; - методиками проведения вычислительного эксперимента; - основами информационных технологий на базе ПЭВМ	Л, СР



<b>Раздел 4. Построение математических моделей</b>						
4	<b>Тема 4.</b> Формулировка задачи и построение модели. Базовая система уравнений аэродинамики, гидродинамики, тепло- и массообмена. Задание начальных и граничных условий при моделировании элементов систем. Соответствие математической модели изучаемому объекту. Развитие и уточнение математической модели.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<p><b>Знать:</b> - современный подход к постановке задач математического моделирования теплообменных процессов в системах ТГВ;</p> <p>- методы развития и уточнения математической модели;</p> <p><b>Уметь:</b> определять базовую систему уравнений аэродинамики, гидродинамики, тепло- и массообмена для конкретного изучаемого явления;</p> <p>- задавать краевые условия при моделировании элементов систем.</p> <p><b>Владеть:</b> методами разработки математических моделей сложных систем, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы</p>	Л, СР
<b>Раздел 5. Вычислительные алгоритмы. Численные методы</b>						
5	<b>Тема 5.</b> Вычислительные алгоритмы. Нахождение корня (решения) непрерывной функции численными методами.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<p><b>Знать:</b> - состав «математического обеспечения» объекта моделирования и исследований;</p> <p>- методы нахождения корня непрерывной функции.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы нахождения корня непрерывной функции.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками создания вычислительного алгоритма для исследований процессов тепло и массопереноса.</p>	Л, СР
<b>Раздел 6. Способы проведения эксперимента</b>						
6	<b>Тема 6.</b> Эмпирический метод. Экспериментально – аналитический метод. Теоретический метод.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<p><b>Знать:</b> - способы проведения активного эксперимента;</p> <p>- критерий применимости созданной математической модели;</p> <p>- составляющие математического описания объекта исследования.</p> <p><b>Уметь:</b> применять эмпирические, экспериментально-аналитические и теоретические методы исследований процессов тепло и массопереноса.</p> <p><b>Владеть:</b> эмпирическими, экспериментально-аналитическими и теоретическими методами исследований процессов тепло и массопереноса.</p>	Л, СР
<b>Раздел 7. Линейные регрессионные модели</b>						
7	<b>Тема 7.</b> Регрессионная модель для одной переменной управления. Модели множественной линейной регрессии. Ошибки эксперимента. Верификация математических моделей.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<p><b>Знать:</b> - сущность регрессионного анализа, как метода построения модели объекта исследований;</p> <p>- источники ошибок эксперимента и их анализ;</p> <p><b>Уметь:</b> - определять функцию ошибки как показатель разности между моделью и полученными данными;</p> <p>- определять дисперсию случайной величины;</p> <p>- определять меру ошибки регрессионной модели.</p>	Л, СР

					<b>Владеть:</b> методиками верификации полученной регрессионной модели.	
<b>Раздел 8. Оптимизация процессов систем ТГВ</b>						
8	<b>Тема 8.</b> Параметры и факторы оптимизации Методы нахождения оптимума. Воспроизводимость и рандомизация опытов. Экспериментально–статистические модели. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - этапы проведения экспериментального исследования; - требования, которым должны соответствовать целевая функция (параметр оптимизации) и функция отклика (фактор оптимизации); - методы нахождения оптимума функции отклика; - определение воспроизводимости и рандомизации опытов; <b>Уметь:</b> - определять воспроизводимость (критерий Кохрена) и рандомизацию опытов; - проводить планирование полного факторного и дробного факторного эксперимента; - проводить оценку значимости коэффициентов регрессии по значению критерия Стьюдента; - проводить оценку адекватности модели по значению критерия Фишера <b>Владеть:</b> методиками получения и анализа экспериментально–статистической модели объекта исследования.	Л, СР
<b>Всего:</b>			<b>32</b>	<b>Лекции – 16; самостоятельная работа – 16</b>		
<b>Раздел 9 Практические занятия</b>						
9	<b>Раздел 1:</b> Примеры физических задач, требующих применения методов математического моделирования для описания процессов систем ТГВ.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - виды моделирования, применимые для создания моделей процессов тепло и массопереноса в системах ТГВ. <b>Уметь:</b> определять методы математического моделирования тепло-массообменных процессов в системах ТГВ. <b>Владеть:</b> информацией о новейших достижениях в области математического моделирования технологических систем ТГВ.	ПР, СР
10	<b>Раздел 2:</b> Вывод основных чисел подобия для стационарных и нестационарных процессов теплообмена. Освоение метода последовательного исключения размерностей – метода Ипсена в решении инженерных задач.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> основы теории подобия процессов тепло и массопереноса и теории размерностей; - теорему Бэкингема и метод последовательного исключения размерностей. <b>Уметь:</b> применять для разработки математических моделей основы теории подобия и теории размерностей. <b>Владеть:</b> методиками применения теории подобия и теории размерностей.	ПР, СР

11	<b>Раздел 3:</b> Структурный анализ инженерных систем зданий и сооружений: системы теплогазоснабжения. Примеры энергетических балансов технических систем ТГВ как оснований для расчета их энергетической эффективности. Формулирование задач расчета сложных теплотехнических систем.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - классификацию математических моделей; - принципы моделирования сложных энергетических и теплотехнических систем; - методику проведения вычислительного эксперимента. <b>Уметь:</b> - определять состав и структуру объекта моделирования; - формулировать задачи исследований сложных теплотехнических систем. <b>Владеть:</b> - методиками анализа энергетического баланса технической системы; - методиками проведения вычислительного эксперимента; - основами информационных технологий на базе ПЭВМ	ПР,СР
12	<b>Раздел 4:</b> Постановка задачи и создание математических моделей тепло- и массопереноса в системах ТГВ.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - современный подход к постановке задач математического моделирования теплообменных процессов в системах ТГВ; - методы развития и уточнения математической модели; <b>Уметь:</b> определять базовую систему уравнений аэродинамики, гидродинамики, тепло- и массообмена для конкретного изучаемого явления; - задавать краевые условия при моделировании элементов систем. <b>Владеть:</b> методами разработки математических моделей сложных систем, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы	ПР,СР
13	<b>Раздел 5:</b> Применение метода простых итераций в расчетах процессов систем ТГВ.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - состав «математического обеспечения» объекта моделирования и исследований; - методы нахождения корня непрерывной функции. <b>Уметь:</b> применять методы нахождения корня непрерывной функции. <b>Владеть:</b> методиками создания вычислительного алгоритма для исследований процессов тепло и массопереноса.	ПР,СР
14	<b>Раздел 6:</b> Сопоставление эмпирического, экспериментально-аналитического и теоретического методов построения математических моделей.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - способы проведения активного эксперимента; - критерий применимости созданной математической модели; - составляющие математического описания объекта исследования. <b>Уметь:</b> применять эмпирические, экспериментально-аналитические и теоретические методы исследований процессов тепло и массопереноса. <b>Владеть:</b> эмпирическими, экспериментально-аналитическими и теоретическими методами	ПР,СР

					исследований процессов тепло и массопереноса.	
15	<b>Раздел 7:</b> Регрессионная модель для одной переменной управления. Модели множественной линейной регрессии. Ошибки эксперимента. Верификация математических моделей.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - сущность регрессионного анализа, как метода построения модели объекта исследований; - источники ошибок эксперимента и их анализ; <b>Уметь:</b> - определять функцию ошибки как показатель разности между моделью и полученными данными; - определять дисперсию случайной величины; - определять меру ошибки регрессионной модели. <b>Владеть:</b> методиками верификации полученной регрессионной модели.	ПР,СР
16	<b>Раздел 8:</b> Параметры и факторы оптимизации Методы нахождения оптимума. Воспроизводимость и рандомизация опытов. Экспериментально–статистические модели. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент.	2/1	2	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7	<b>Знать:</b> - этапы проведения экспериментального исследования; - требования, которым должны соответствовать целевая функция (параметр оптимизации) и функция отклика (фактор оптимизации); - методы нахождения оптимума функции отклика; - определение воспроизводимости и рандомизации опытов; <b>Уметь:</b> - определять воспроизводимость (критерий Кохрена) и рандомизацию опытов; - проводить планирование полного факторного и дробного факторного эксперимента; - проводить оценку значимости коэффициентов регрессии по значению критерия Стьюдента; - проводить оценку адекватности модели по значению критерия Фишера <b>Владеть:</b> методиками получения и анализа экспериментально–статистической модели объекта исследования.	ПР
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>Практические – 16; Самостоятельная работа – 24.</b>		
<b>Итого:</b>			<b>72</b>	<b>Лекции – 16; Практические занятия – 16; Самостоятельная работа – 40.</b>		
<b>3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b>						
<b>№</b>	<b>Наименование разделов и тем</b>	<b>Литература</b>				
1	Раздел 1. Понятия и определения теории моделирования	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
2	Раздел 2. Планирование эксперимента и анализ размерностей	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
3	Раздел 3. Математическое моделирование	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
4	Раздел 4. Построение математических моделей	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
5	Раздел 5. Вычислительные алгоритмы. Численные методы	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
6	Раздел 6. Способы проведения эксперимента	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
7	Раздел 7. Линейные регрессионные модели	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				
8	Раздел 8. Оптимизация процессов ТГВ.	О-1, О-2, О-3, Д-1, Д-2, М-1				

### III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3.1	В процессе освоения дисциплины "Моделирование процессов систем ТГВ" используются следующие образовательные технологии:				
	лекции (Л), практические занятия (ПР), индивидуальные (групповые) академические консультации (АК), самостоятельная работа студентов (СР) по выполнению различных видов заданий.				
3.2	В процессе освоения дисциплины "Моделирование процессов систем ТГВ" используются следующие интерактивные образовательные технологии: анализ конкретных ситуаций (АКС), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ).				
	Лекционный материал представлен в виде слайд-презентации в формате "PowerPoint". Для наглядности используются материалы различных Web-материалов, справочных изданий и т.п.				
	При изложении теоретического материала используются такие принципы дидактики высшей школы, как чёткая последовательность и систематичность, логическое обоснование, взаимосвязь теории и практики, наглядность и т.п. В конце каждой лекции предусмотрен отрезок времени для ответов на проблемные вопросы.				
3.3	Используемые интерактивные формы и методы обучения по дисциплине				
№	Наименование разделов и тем	Кол-во часов	Вид учебных занятий	Используемые интерактивные технологии	Формируемые компетенции
<b>Раздел 1. Понятия и определения теории моделирования</b>					
1	<b>Тема 1.</b> Общие положения теории моделирования. Виды моделирования. Материальное моделирование. Аналоговое моделирование.	2	Л	ЛВ	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7
<b>Раздел 2. Планирование эксперимента и анализ размерностей</b>					
2	<b>Тема 2.</b> Правильное применение анализа размерностей. Теорема Бэкингема. Метод последовательного исключения размерностей. Решение теоремы Бэкингема. Применение теории подобия.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7
<b>Раздел 3. Математическое моделирование</b>					
3	<b>Тема 3.</b> Классификация математических моделей. Примеры сложных энергетических и теплотехнических систем. Их состав и структура. Инженерные системы зданий и сооружений: системы отопления, системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Энергетический баланс технической системы как отражение ее энергетической эффективности. Задачи расчета сложных теплотехнических систем. Вычислительный эксперимент. Основы информационных технологий на базе ПЭВМ.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7
<b>Раздел 4. Построение математических моделей</b>					
4	<b>Тема 4.</b> Формулировка задачи и построение модели. Базовая система уравнений аэродинамики, гидродинамики, тепло- и массообмена. Задание начальных и граничных условий при моделировании элементов систем. Соответствие математической модели изучаемому объекту. Развитие и уточнение математической модели.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7

<b>Раздел 5. Вычислительные алгоритмы. Численные методы</b>					
5	<b>Тема 5.</b> Вычислительные алгоритмы. Нахождение корня (решения) непрерывной функции численными методами.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7
<b>Раздел 6. Способы проведения эксперимента</b>					
6	<b>Тема 6.</b> Эмпирический метод. Экспериментально – аналитический метод. Теоретический метод.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7
<b>Раздел 7. Линейные регрессионные модели</b>					
7	<b>Тема 7.</b> Регрессионная модель для одной переменной управления. Модели множественной линейной регрессии. Ошибки эксперимента. Верификация математических моделей.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7
<b>Раздел 8. Оптимизация процессов систем ТГВ</b>					
8	<b>Тема 8</b> Параметры и факторы оптимизации. Методы нахождения оптимума. Воспроизводимость и рандомизация опытов. Экспериментально–статистические модели. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент.	2	Л	ПЛ, АКС	ОПК-4, ОПК-10, ПК-7

#### IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА					
Основная литература					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
О.1	Акамсина Н.В.	Моделирование систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Акамсина Н.В., Лемешкин А.В., Сербулов Ю.С.	Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 67 с.	-	Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/59118.html">http://www.iprbookshop.ru/59118.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
О.2	Дьяконов В.П.	VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование [Электронный ресурс]	М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2016.— 384 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/65119.html">http://www.iprbookshop.ru/65119.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»	-	Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/65119.html">http://www.iprbookshop.ru/65119.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
О.3	Никонов О.И..	Математическое моделирование и методы принятия решений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Никонов О.И., Кругликов С.В., Медведева М.А.	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 100 с.	-	Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/69624.html">http://www.iprbookshop.ru/69624.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
О.4	Монах С.И.	Конспект лекций по курсу «Моделирование процессов систем ТГВ» [печ + эл]	Макеевка: ДонНАСА, 2017. – 70 с.	25	Режим доступа: <a href="http://dl.donnasa.org">http://dl.donnasa.org</a>
Дополнительная литература					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
Д.1	Суслов Д.Ю.	Газоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Суслов Д.Ю., Подпоринов Б.Ф., Кушев Л.А.	Белгород: Белгородский государственный технологический университет	-	Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>

			им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015.— 265 с..		ru/66647.html.— ЭБС «IPRbooks»
Д.2	Вислогузов А.Н.	Особенности современного проектирования систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха общественных, многоэтажных и высотных зданий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Вислогузов А.Н.	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.— 172 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/66113.html">http://www.iprbookshop.ru/66113.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»	-	Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/66113.html">http://www.iprbookshop.ru/66113.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
<b>Методические разработки</b>					
№	Авторы, составители	Название	Издательство, год	Кол-во	Примечание
М.1	Монах С.И., Колосова Н.В.	Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Моделирование процессов систем ТГВ» [печ + эл]	Макеевка: ДонНАСА, 2017– 30 с.	25	Режим доступа: <a href="http://dl.don.nasa.org">http://dl.don.nasa.org</a>
<b>Электронные образовательные ресурсы</b>					
Э.1	<a href="http://intuit.ru/">http://intuit.ru/</a> (интернет-университет информационных технологий)				
Э.2	<a href="http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&amp;tpa=theme_cat&amp;pa=4">http://www.thermophysics.ru/modules.php?name=TopicsAd&amp;tpa=theme_cat&amp;pa=4</a>				
Э.3	<a href="http://mieen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi">http://mieen.ru/about/intellect-sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi</a>				
<b>2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ, СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ И ПРОЧИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ</b>					
П.1	<a href="https://www.comsol.ru/heat-transfer-module">https://www.comsol.ru/heat-transfer-module</a> . Модуль «Теплопередача» (Heat Transfer Module) для решения задач из самых разных отраслей промышленности, когда выделение, поглощение или передача теплоты или иных видов энергии является определяющим или существенно важным процессом.				
<b>3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>					
Дисциплина "Моделирование процессов систем ТГВ" обеспечена:					
1	Мультимедийный проектор (ауд. 465, ауд. 141)				
2	Ноутбук (ауд. 465, ауд. 141)				

## V. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Оценочные средства по дисциплине разработаны в соответствии с "Положением о фонде оценочных средств в ГОУ ВПО ДонНАСА" и являются неотъемлемой частью данной рабочей программы дисциплины.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

**Кафедра: «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция»**

**Факультет инженерных и экологических систем в строительстве**

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**" Моделирование процессов систем ТГВ "**

**Направление подготовки ОПОП ВО магистратуры  
08.04.01 "Строительство"**

**Программа подготовки «Повышение эффективности систем  
теплогазоснабжения и вентиляции»**

**Магистр  
квалификация (степень) выпускника**

**УТВЕРЖДЁН**  
на заседании кафедры  
«28» 08 2017 г.,  
протокол № 1  
Заведующий кафедрой  
Лукьянов А.В.  
(Ф.И.О.) (подпись)

Макеевка 2017 г.



**ПАСПОРТ**  
**фонда оценочных средств**  
**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«Моделирование процессов систем ТГВ»**

**1. Модели контролируемых компетенций:**

1.1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины (3 семестр):

Индекс	Формулировка компетенции
ОПК-4	способность демонстрировать знания фундаментальных и прикладных дисциплин программы магистратуры;
ОПК-10	способность и готовность ориентироваться в постановке задач моделирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования, применять знания о современных методах исследования, анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию;
ПК-7	способность разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

**1.2. Сведения об иных дисциплинах (преподаваемых, в том числе на других кафедрах) и участвующих в формировании данных компетенций.**

1.2.1. Компетенция ОПК-4 формируется в процессе изучения дисциплин (прохождения практик):

Б1.Б.6 Математика;

Б1.Б.7 Информатика;

Б1.Б.8 Инженерная и компьютерная графика;

Б1.Б.9 Химия;

Б1.Б.10 Физика;

Б1.Б.12 Механика. Теоретическая механика;

Б1.Б.13 Механика. Техническая механика;

Б1.Б.22 Автоматика;

Б1.Б.23 Инженерные системы и оборудование зданий. Теплогазоснабжение и вентиляция;

Б2.У.2 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (геодезическая, стационарная).

1.2.2. Компетенция ОПК-10 формируется в процессе изучения дисциплин (прохождения практик):

Б2.Б4 Прикладная химия;

Б1.В.ОД2 Техническая термодинамика;

Б1.В.ОД3 Тепломассообмен;

Б1.В.ДВ.3 Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем;

Б1.В.ОД1 Техническая механика жидкости и газов;

Б1.В.ОД5 Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий);

Б1.В.ОД6 Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ;

Б1.В.ОД7 Отопление;

Б1.В.ОД8 Вентиляция;  
Б1.В.ОД10 Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий;  
М2.В.ДВ.6.2 Теплообмен в системах ТГВ.

1.2.3. Компетенция ПК-7 формируется в процессе изучения дисциплин (прохождения практик):

Б1.Б.6 Математика;  
Б1.Б.7 Информатика;  
Б1.Б.10 Физика;  
Б2.Б4 Прикладная химия;  
Б1.В.ОД2 Техническая термодинамика;  
Б1.В.ОД3 Тепломассообмен;  
Б1.В.ДВ.3 Термодинамическая эффективность теплового оборудования и тепломассообменных процессов в нем;  
Б1.В.ОД1 Техническая механика жидкости и газов;  
Б1.В.ОД5 Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий);  
Б1.В.ОД6 Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ;  
Б1.В.ОД7 Отопление;  
Б1.В.ОД8 Вентиляция;  
Б1.В.ОД10 Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий;  
М2.В.ДВ.6.2 Теплообмен в системах ТГВ.

**2. В результате изучения дисциплины «Моделирование процессов систем ТГВ» обучающийся должен:**

**2.1. Знать:**

- основные источники научно-технической информации по технологическим особенностям и моделированию производственных систем ТГВ (ОПК-4);
- существующие методы математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ (ОПК-4);
- современный подход к постановке задач математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ, методы анализа и синтеза полученной информации (ОПК-10);
- современные модели усовершенствования существующих и разработки новых перспективных систем ТГВ (ПК-7).

**2.2. Уметь:**

- разрабатывать технологические системы ТГВ нового поколения с использованием методов математического моделирования (ОПК-4);
- проводить исследования технологических систем ТГВ нового поколения с использованием методов математического моделирования (ОПК-4);
- разрабатывать математические модели процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ нового поколения с использованием методов анализа и синтеза информации (ОПК-10);
- формулировать задачи исследования и разрабатывать математические модели процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ нового поколения с использованием методов анализа и синтеза информации (ОПК-10);
- применять на практике методы разработки физических и математических (компьютерных)

моделей технологических систем ТГВ с использованием современных программных средств (ПК-7);

- разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ с использованием современных программных средств (ПК-7).

### **2.3. Владеть:**

- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями разработки процессов и ТГВ (ОПК-4);

- информацией о новейших достижениях в области математического моделирования технологических систем ТГВ (ОПК-10);

- современными методами аналитических исследований процессов тепло и массопереноса в технологических системах ТГВ, методами анализа и синтеза полученной информации (ОПК-10);

- методами разработки и верификации моделей сложных систем ТГВ, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы (ПК-7);

- методами разработки и верификации математических и физических моделей сложных систем ТГВ, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы (ПК-7);

- культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ПК-7).

### 3. Программа оценивания контролируемой компетенции:

№	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или её части)	Планируемые результаты освоения компетенции	Наименование оценочного средства**
1	2	3	4	5
1.	Раздел 1. Понятия и определения теории моделирования	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<b>Знать:</b> виды моделирования, применимые для создания моделей процессов тепло и массопереноса в системах ТГВ. <b>Уметь:</b> определять методы математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ. <b>Владеть:</b> информацией о новейших достижениях в области математического моделирования технологических систем ТГВ.	Тест; творческое задание
	Раздел 2. Планирование эксперимента и анализ размерностей	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<b>Знать:</b> основы теории подобия процессов тепло и массопереноса и теории размерностей; - теорему Бэкингема и метод последовательного исключения размерностей. <b>Уметь:</b> применять для разработки математических моделей основы теории подобия и теории размерностей. <b>Владеть:</b> методиками применения теории подобия и теории размерностей.	Тест; творческое задание
	Раздел 3. Математическое моделирование	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<b>Знать:</b> - классификацию математических моделей; - принципы моделирования сложных энергетических и теплотехнических систем; - методику проведения вычислительного эксперимента. <b>Уметь:</b> - определять состав и структуру объекта моделирования; - формулировать задачи исследований сложных теплотехнических систем. <b>Владеть:</b> - методиками анализа энергетического баланса технической системы; - методиками проведения	Тест; творческое задание

			<p>вычислительного эксперимента;</p> <p>- основами информационных технологий на базе ПЭВМ.</p>	
	Раздел 4. Построение математических моделей	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<p><b>Знать:</b> - современный подход к постановке задач математического моделирования тепломассообменных процессов в системах ТГВ;</p> <p>- методы развития и уточнения математической модели;</p> <p><b>Уметь:</b> определять базовую система уравнений аэродинамики, гидродинамики, тепло- и массообмена для конкретного изучаемого явления;</p> <p>- задавать краевые условия при моделировании элементов систем.</p> <p><b>Владеть:</b> методами разработки математических моделей сложных систем, в которых реализуются гидродинамические, тепло- и массообменные процессы.</p>	Тест; творческое задание
	Раздел 5. Вычислительные алгоритмы. Численные методы.	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<p><b>Знать:</b> - состав «математического обеспечения» объекта моделирования и исследований;</p> <p>- методы нахождения корня непрерывной функции.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы нахождения корня непрерывной функции.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками создания вычислительного алгоритма для исследований процессов тепло и массопереноса.</p>	Тест; творческое задание
	Раздел 6. Способы проведения эксперимента.	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<p><b>Знать:</b> - способы проведения активного эксперимента;</p> <p>- критерий применимости созданной математической модели;</p> <p>- составляющие математического описания объекта исследования.</p> <p><b>Уметь:</b> применять эмпирические, экспериментально-аналитические и теоретические методы исследований процессов тепло и массопереноса.</p> <p><b>Владеть:</b> эмпирическими,</p>	Тест; творческое задание

			экспериментально-аналитическими и теоретическими методами исследований процессов тепло и массопереноса.	
	Раздел 7. Линейные регрессионные модели	ОПК-4 ОПК-10 ПК-7	<p><b>Знать:</b> - сущность регрессионного анализа, как метода построения модели объекта исследований;</p> <p>- источники ошибок эксперимента и их анализ;</p> <p><b>Уметь:</b> - определять функцию ошибки как показатель разности между моделью и полученными данными;</p> <p>- определять дисперсию случайной величины;</p> <p>- определять меру ошибки регрессионной модели.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками получения и верификации регрессионной модели.</p>	Тест; творческое задание
	Раздел 8. Оптимизация процессов систем ТГВ.		<p><b>Знать:</b> - этапы проведения экспериментального исследования;</p> <p>- требования, которым должны соответствовать целевая функция (параметр оптимизации) и функция отклика (фактор оптимизации);</p> <p>- методы нахождения оптимальности функции отклика и определения воспроизводимости и рандомизации опытов;</p> <p><b>Уметь:</b> - определять воспроизводимость (критерий Кохрена) и рандомизацию опытов;</p> <p>- проводить планирование полного факторного и дробного факторного эксперимента и проводить оценку значимости коэффициентов регрессии по значению критерия Стьюдента;</p> <p>- проводить оценку адекватности модели по значению критерия Фишера</p> <p><b>Владеть:</b> методиками получения и анализа экспериментально-статистической модели объекта исследования.</p>	Тест; творческое задание

#### 4. Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющие компетенции	Оценка сформированности компетенции					
	«неудовлетворительно» /34-0/F	«неудовлетворительно» /59-35/FX	«удовлетворительно»/69-60/E /70-74/D	«хорошо» /79-75/C	«хорошо» /89-80/B	«отлично» /100-90/A
Полнота знаний	Не верные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований	Даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок	Даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности и соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок	Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности и соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок	Даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности и соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок	Даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности и соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей
Умения	Полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще	Слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решение не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной литературе, нормативно-правовых актах	Достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решение не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной литературе, нормативно-правовых актах	В целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решение не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты, результаты НИР	В целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты, результаты НИР	Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты, результаты НИР
Владение навыками	Не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий	Не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий	Владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно	Владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству	Владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия	Владеет опытом и выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия

Обобщенная оценка сформированности компетенций	Компетенции не сформированы	Значительное количество компетенций не сформировано	Все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне	Все компетенции сформированы на среднем уровне	Все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне	Все компетенции сформированы на высоком уровне
Уровень сформированности компетенций	Нулевой	Минимальный	Пороговый	Средний	Продвинутый	Высокий

## 5. Перечень контрольных заданий и иных материалов, необходимых для оценки знаний, умений и навыков

### 5.1. Вопросы к экзамену по дисциплине:

1. Общие положения теории моделирования. Виды моделирования.
2. Материальное моделирование.
3. Аналоговое моделирование.
4. Правильное применение анализа размерностей. Теорема Бэкингема.
5. Метод последовательного исключения размерностей. Решение теоремы Бэкингема.
6. Применение теории подобия.
7. Классификация математических моделей.
8. Примеры сложных энергетических и теплотехнических систем. Их состав и структура. Инженерные системы зданий и сооружений: системы отопления, системы вентиляции и кондиционирования воздуха.
9. Энергетический баланс технической системы как отражение ее энергетической эффективности. Задачи расчета сложных теплотехнических систем.
10. Вычислительный эксперимент.
11. Основы информационных технологий на базе ПЭВМ.
12. Формулировка задачи и построение модели. Базовая система уравнений аэродинамики, гидродинамики, тепло- и массообмена. Задание начальных и граничных условий при моделировании элементов систем.
13. Соответствие математической модели изучаемому объекту.
14. Развитие и уточнение математической модели.
15. Вычислительные алгоритмы.
16. Нахождение корня (решения) непрерывной функции численными методами.
17. Эмпирический метод.
18. Экспериментально – аналитический метод.
19. Теоретический метод.
20. Регрессионная модель для одной переменной управления.
21. Модели множественной линейной регрессии.
22. Ошибки эксперимента.
23. Верификация математических моделей.
24. Параметры и факторы оптимизации.
25. Методы нахождения оптимума.
26. Воспроизводимость и рандомизация опытов.
27. Экспериментально–статистические модели.
28. Полный факторный эксперимент.
29. Дробный факторный эксперимент.



- 30. Метод крутого восхождения.
- 31. Симплексный метод.
- 32. Контурно–графический анализ.

## **5.2. Типовые задания для тестирования**

### **1. Математической моделью объекта называют...**

- а) Описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур
- б) Любую символическую модель, содержащую математические символы
- в) Представление свойств объекта только в числовом виде
- г) Любую формализованную модель

### **2. Адекватность математической модели и объекта это...**

- а) правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования
- б) Полнота отображения объекта моделирования
- в) Количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования
- г) Объективность результата моделирования

### **3. Фазовое пространство определяется ...**

- а) Множеством состояний объекта, в котором каждое состояние определяется точкой с координатами эквивалентными свойствам объекта в фиксированный момент времени!!
- б) Координатами свойств объекта в фиксированный момент времени
- в) Двумерным пространством с координатами  $x, y$
- г) Линейным пространством

### **4. Точка бифуркации это...**

- а) Точка фазовой траектории, характеризующая изменение состояния объекта
- б) Точка на траектории, характеризующая состояние покоя
- в) Точка фазовой траектории, предшествующая резкому изменению состояния объекта
- г) Точка равновесия

### **5. Декомпозиция это ...**

- а) Процедура разложения целого на части с целью описания объекта
- б) Процедура объединения частей объекта в целое
- в) Процедура изменения структуры объекта
- г) Процедура сортировки частей объекта

### **6. Установление равновесия между простотой модели и качеством отображения объекта называется...**

- а) Дискретизацией модели
- б) Алгоритмизацией модели
- в) Линеаризацией модели
- г) Идеализацией модели

### **7. Имитационное моделирование ...**

- а) Воспроизводит функционирование объекта в пространстве и времени
- б) Моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные явления, составляющие процесс
- в) Моделирование, воспроизводящее только физические процессы
- г) Моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены объектами – аналогами

### **8. Дискретизация модели это процедура...**

- а) Отображения состояний объекта в заданные моменты времени
- б) Процедура, которая состоит в преобразовании непрерывной информации в

дискретную

в) Процедура разделения целого на части

г) Приведения динамического процесса к множеству статических состояний объекта

**9. Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей, называется ...**

а) Универсальностью

б) Неопределенностью

в) Неизвестностью

г) Случайностью

**10. Погрешность математической модели связана с ...**

а) Несоответствием с физической реальностью, так как абсолютная истина недостижима

б) Неадекватностью модели

в) Неэкономичностью модели

г) Неэффективностью модели

### **5.3. Типовые условия для заданий по моделированию:**

Задание 1. Сколько надо определить коэффициентов ортогонализации, если принять два, три, четыре, пять уровней фактора (для однофакторного процесса)?

Задание 2. Как выявляется дисперсия опытов, почему лучше проводить серию параллельных одинаковых опытов на среднем уровне факторов, как определить средние уровни факторов, сколько надо выполнять одинаковых опытов на среднем уровне факторов?

### **5.4. Типовые вопросы для творческих заданий:**

1. Определить математическую модель работы системы отопления, учитывающую наиболее существенные лучистые и конвективные тепловые потоки.

2. Определить математическую модель распределения температурных и скоростных полей в отапливаемом здании.

3. Предложить математический аппарат для изучения формирования микроклимата в отапливаемом помещении методом численного моделирования.

### **5.5. Типовые вопросы для творческого рейтинга:**

1. Как производится выбор показателей процесса, существенных факторов, планов проведения экспериментов, как выполняются эксперименты для математического моделирования?

2. Почему для выявления математических моделей выбраны уравнения в виде рядов (многочленов), как называются эти уравнения и коэффициенты при каждом члене многочлена?

3. Как объяснить применение при математическом моделировании процессов теплообмена понятия регрессии?

4. Соответствует ли количество коэффициентов регрессии в уравнении регрессии количеству уровней фактора (для однофакторного процесса)?

5. В каких случаях матрицы определения коэффициентов регрессии становятся ортогональными и зачем надо добиваться ортогональности матриц?

6. Почему нерационально применять больше пяти уровней фактора?

7. Равно ли количество членов многочлена и коэффициентов регрессии количеству опытов по плану проведения экспериментов (при полном факторном эксперименте)?

8. Почему показатели степени фактора в уравнении регрессии приняты буквенными?

9. Можно ли изменять величины показателей степени фактора при выявлении

математических моделей и если можно, то в каких случаях, сколько раз, какие величины показателей степени рационально принимать первоначально и в последующем, что является критерием правильности выбора показателей степени фактора?

10. Как определяются коэффициенты регрессии при ортогональности матрицы?
11. Какие преимущества достигаются при определении коэффициентов регрессии независимо друг от друга?
12. По какому критерию выявляется статистическая значимость коэффициентов регрессии?
13. Почему дисперсии в определении коэффициентов регрессии рассчитываются независимо друг от друга, является ли это следствием ортогональности матриц?
14. Можно ли использовать для выявления математической модели комплексные факторы и факторы в виде зависимости одного фактора от другого или ряда других факторов, каковы особенности анализа математической модели при комплексных факторах?
15. Как выявляются уравнения регрессии при влиянии на показатель двух и трех факторов?
16. Почему рационально применять различные методы моделирования (моделирование на основе теории подобия, теории размерностей, математическое моделирование) и как следует выполнять в этом случае анализ результатов моделирования?
17. Что является критерием истины и как подтвердить истинность данных, рассчитанных по математическим моделям?
18. Какие особенности моделирования многофакторного процесса?
19. Каков алгоритм математического моделирования для программирования применительно к использованию ЭВМ?
20. Можно ли совершенствовать, оптимизировать, прогнозировать, автоматизировать процессы, разрабатывать изобретения на основе математических моделей?
21. Как достигается экономичность исследовательской работы при последующем математическом моделировании?
22. В чем заключается фундаментальность исследований и какое значение имеет математическое моделирование при выполнении таких исследований?
23. Необходимо ли применять математическое моделирование при выполнении научно-исследовательских, диссертационных работ, каковы могут быть направления дальнейшего совершенствования методики математического моделирования?

#### **5.6. Типовой билет:**

### **БИЛЕТ № 1**

по дисциплине "Моделирование процессов систем ТГВ"

Направление подготовки ПП магистратуры 08.04.01 "Строительство"

Программа подготовки

«Повышение эффективности систем теплогазоснабжения и вентиляции»

Задание 1. Выберите один верный ответ (1 тест равен 1 баллу):

#### **1. Модель объекта это...**

- а) предмет похожий на объект моделирования
- б) объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели
- в) копия объекта
- г) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта

#### **2. Основная функция модели это:**

- а) Получить информацию о моделируемом объекте
- б) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта

- в) Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- г) Воспроизвести физическую форму объекта

**3. Математические модели относятся к классу...**

- а) Изобразительных моделей
- б) Прагматических моделей
- в) Познавательных моделей
- г) Символических моделей

**4. Методами математического моделирования являются ...**

- а) Аналитический
- б) Числовой
- в) Аксиоматический и конструктивный
- г) Имитационный

**5. Эффективность математической модели определяется ...**

- а) Оценкой точности модели
- б) Функцией эффективности модели
- в) Соотношением цены и качества
- г) Простотой модели

**6. Изменение состояния объекта отображается в виде ...**

- а) Статической модели
- б) Детерминированной модели
- в) Динамической модели
- г) Стохастической модели

Задание 2. Выберите правильный ответ (1 тест равен 3 баллам):

**1. Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:**

- 1) Аналитическая
- 2) Графическая
- 3) Цифровая
- 4) Алгоритмическая

**2. Состояние объекта моделирования определяется ...**

- а) Количеством информации, полученной в фиксированный момент времени
- б) Множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели
- в) Только физическими данными об объекте
- г) Параметрами окружающей среды

**3. Фазовая траектория это**

- а) Вектор в полярной системе координат
- б) След от перемещения фазовой точки в фазовом пространстве
- в) Монотонно убывающая функция
- г) Синусоидальная кривая с равными амплитудами и частотой

**4. Модель детерминированная ...**

- а) Матрица, детерминант которой равен единице
- б) Объективная закономерная взаимосвязь и причинная обусловленность событий. В модели не допускаются случайные события
- в) Модель, в которой все события, в том числе, случайные ранжированы по значимости
- г) Система непредвиденных, случайных событий

**5. Планирование эксперимента необходимо для...**

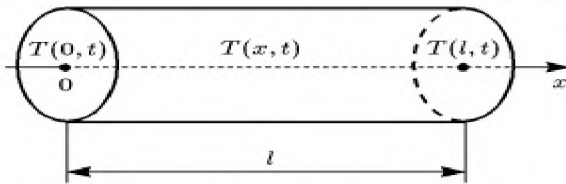
- а) Точного предписания действий в процессе моделирования
- б) Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью
- в) Выполнения плана экспериментирования на модели
- г) Сокращения числа опытов

**6. Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...**

- а) Математическое описание системы с помощью непрерывных функций с учётом случайных факторов
- б) Математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов
- в) Математическое описание системы с помощью функций непрерывных во времени
- г) Математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций

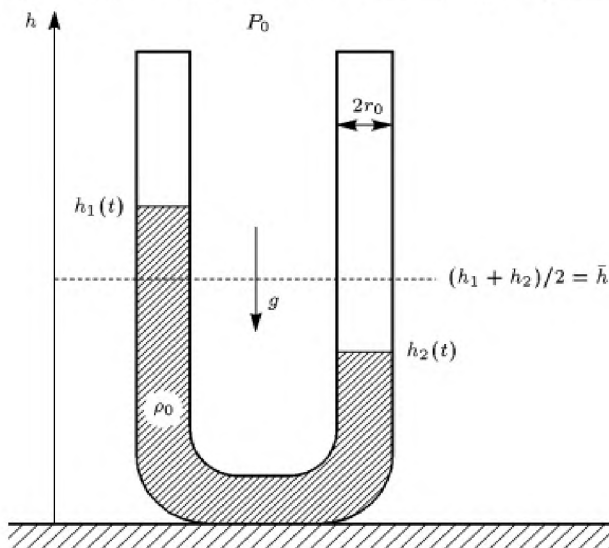
Задание 3. Верное решение каждой задачи равно 8 баллам:

Задача 1. Длинный тонкий металлический стержень нагревается с одного из торцов.



Стержень однороден и изотропен. Его начальная температура в любом поперечном сечении не зависит от  $y$  и  $z$ , а потерями теплоты с боковой поверхности можно пренебречь. Теплоемкость материала стержня постоянна. На основании уравнения Фурье, сформулировав краевые условия этого процесса передачи теплоты, найдите уравнение температурного поля.

Задача 2. В U-образном сосуде находится жидкость (U-образный манометр). Жидкость занимает часть сосуда, представляющего собой изогнутую трубку радиуса  $r_0$ . Масса жидкости  $M_0$ , ее плотность  $\rho_0$ . Стенки сосуда идеально гладкие, поверхностным натяжением пренебрегается, атмосферное давление  $P_0$  и ускорение свободного падения  $g$  постоянны.



В состоянии покоя высота жидкости в обоих коленах сосуда одинакова. Если жидкость вывести из равновесия, то начнется движение, характер которого установите с помощью закона сохранения энергии, т.е. определите уравнение, описывающее это движение.

## 6. Формирование балльной оценки по дисциплине "Моделирование процессов систем ТГВ"

При организации обучения по кредитно-модульной системе для определения уровня знаний студентов используется модульно-рейтинговая система их оценки, которая предполагает последовательное и систематическое накопление баллов за выполнение всех запланированных видов работ.

В соответствии с "Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов при кредитно-модульной системе организации учебного процесса в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры" (от 30.11.2015 г.) распределение баллов, формирующих рейтинговую оценку работы студента, осуществляется следующим образом:

- для дисциплин с промежуточной аттестацией в форме "зачет":

Виды работ	Максимальное количество баллов
Посещаемость	10
Текущий контроль	40
Модульный контроль	40
Творческий рейтинг	10
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>
Промежуточная аттестация (зачет)	40*

\* - проводится в случае:

1) несогласия студента с итоговой семестровой оценкой, соответствующей диапазону накопительных баллов 60-89 и желания её повысить;

2) если сумма накопительных баллов составляет диапазон 35-59 при условии выполнения в полном объеме заданий текущего контроля.

### Посещаемость

В соответствии с утверждённым учебным планом по направлению подготовки ПП магистратуры 08.04.01 "Строительство" Программы подготовки

«Повышение эффективности систем теплогазоснабжения и вентиляции» по дисциплине предусмотрено:

семестр второй – 8 лекционных, 8 практических занятий, всего 16.

За посещение одного занятия студент набирает  $10/16 = 0,625$  балла.

### Текущий контроль

Наименование раздела/ темы, выносимых на контроль	Форма проведения контроля		Количество баллов, максимально	
	текущий контроль	промежуточная аттестация	текущий контроль	промежуточная аттестация
Модуль 1: разделы 1-2	Тест; решение задач по моделированию процессов; творческое задание	ответ на билет	10	40
Модуль 2: разделы 3-4	Тест; решение задач по моделированию процессов; творческое задание		10	
Модуль 3: разделы 5-6	Тест; решение задач по моделированию процессов; творческое задание		10	
Модуль 4: разделы 7-8	Тест; решение задач по моделированию процессов; творческое задание		10	
Всего за 2 семестр			40	40

### Творческий рейтинг

Распределение баллов осуществляется по решению методической комиссии кафедры и результат распределения баллов за соответствующие виды работ представляются в виде следующей таблицы:

Наименование раздела / темы дисциплины	Вид работы	Количество баллов
Разделы 1 - 8	Подготовка научной публикации в соавторстве с преподавателем; выступление с докладом на студенческой научной конференции	10
ИТОГО		10

### Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по результатам изучения учебной дисциплины "Моделирование процессов систем ТГВ" во втором семестре осуществляется в письменной форме по билетам, включающим тесты различных уровней сложности и две задачи.

Оценка по результатам промежуточной аттестации выставляется по следующим критериям:

- правильный ответ тест с одним верным ответом – 1 балл ( $1 \times 6 = 6$ );
- правильный ответ на тест более высокого уровня сложности – 3 баллам ( $3 \times 6 = 18$ );
- правильное решение задачи – 8 баллов ( $8 \times 2 = 16$ ).

Итого – 40 баллов.

В случае частично правильного ответа на вопрос или решение задачи, студенту начисляется определяемое преподавателем количество баллов.

Соответствие 100-бальной шкалы оценивая академической успеваемости государственной шкале и шкале ECTS приведено ниже

СУММА БАЛЛОВ	ШКАЛА ECTS	Оценка по государственной шкале	
		экзамен	зачёт
90-100	A	"отлично" (5)	"зачтено"
80-89	B	"хорошо" (4)	
75-79	C		
70-74	D		
60-69	E	"удовлетворительно" (3)	"не зачтено"
35-59	FX	"неудовлетворительно" (2)	
0-34	F		

