Министерство образования и науки Астраханской области Государственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет» (ГАОУ АО ВО «АГАСУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

/ И.Ю. Петрова /

(подпись) И.О. Ф.

« 25 » 04 2018 г.

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование дисциплины  |
|--|
| Математическое моделирование   |
| (указывается наименование в соответствии с учебным планом)                       |
| По направлению подготовки  |
| 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"  |
| (указывается наименование направления подготовки в соответствии с ФГОС)          |
| Направленность (профиль) подготовки  |
|  |
| (указывается наименование профиля в соответствии с ООП)                          |
| <b>Кафедра</b> <u>Системы автоматизированного проектирования и моделирования</u> |
| Квалификация (степень) выпускника магистр  |

| Разработчик:  | A.O                                 |   |
|---|-------------------------------------|---|
| _к.т.н., доцент_  | Mbej                                | / <u>Е. М. Евсина</u> /   |
| (занимаемая должность, учёная степень и учёное звание)                  | (подиись)                           | И. О. Ф.  |
|   |                                     |   |
| Рабочая программа разработана для уче                                   | бного плана 2018                    | Γ.  |
| Рабочая программа рассмотрена и<br>зированного проектирования и моделир | _                                   | дании кафедры « <u>Системы автомати-</u><br>оп № 10 от 26 04 <i>20 18</i> г |
| * * *   | лирования» прото                    | окол № <u>w</u> от <u>«S .OS 20 / /</u> т. <u>И.Ю. Петрова</u> / и.о. ф.    |
| Согласовано:  |                                     |   |
| Председатель МКН «Теплоэнерге технологий» Деребесь и.о. ф.              | етика и теплотехн<br>Но ОШ          | ика» профиль «Энергетика тепло-   |
| Начальник УМУ (подпись)   | 1 <u> 10. А. Шукиги</u><br>И. О. Ф. | lkia  |
| Специалист УМУ (подпись)  | <u></u> . Д. Рудик<br>и. о. ф.      | obe-  |
| Начальник УИТ (подпись)   | <u>М. О. Ф.</u>                     |   |
| Заведующая научной библиотекой  | (подпись)                           | 1 <u>Mopozoba NB</u> ,<br>n.o.φ.  |

Разработчик:

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) «Математическое моделирование», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине (модулю):

| _           | Результаты освоения  | Перечень планируемых ре-                               |
|-------------|--|--|
| Коды        | ООП  | зультатов обучения по дисци-                           |
| компетенций | Содержание компетенций   | плине  |
| ПК - 2      | способность к проведению техни-                                | Знать:   |
| 11K - 2     | ческих расчетов по проектам, тех-                              | - методы математического моде-                         |
|             | нико-экономического и функцио-                                 | лирования действия и устройства                        |
|             | нально-стоимостного анализа эф-                                | проектируемых изделий и объек-                         |
|             | фективности проектных решений,                                 | тов с обоснованием принятых                            |
|             | с использованием прикладного                                   | технических решений для обес-                          |
|             | программного обеспечения для                                   | печения экономической эффек-                           |
|             | расчета параметров и выбора се-                                | тивности проекта                                       |
|             | рийного и разработки нового теп-                               | Уметь:   |
|             | лоэнергетического, теплотехниче-                               | - организовывать и осуществлять                        |
|             | ского и теплотехнологического                                  | сбор, обработку, анализ и систе-                       |
|             | оборудования   | матизацию научно-технической                           |
|             |  | информации по теме исследова-                          |
|             |  | ния;   |
|             |  | - научно обоснованно произво-                          |
|             |  | дить выбор методик и средств                           |
|             |  | решения задачи   |
|             |  | Владеть:   |
|             |  | - методами разработки физиче-                          |
|             |  | ских и математических моделей                          |
|             |  | исследуемых процессов, явлений                         |
|             |  | и объектов, относящихся к про-                         |
|             |  | фессиональной сфере                                    |
| ПК - 7      | способностью планировать и ста-                                | Знать:   |
|             | вить задачи исследования, выби-                                | - основные типы математиче-                            |
|             | рать методы экспериментальной работы, интерпретировать и пред- | ских моделей элементов тепло-                          |
|             | ставлять результаты научных ис-                                | энергетических систем;<br>- основные принципы построе- |
|             | следований в виде отчетов, рефе-                               | ния математических моделей                             |
|             | ратов, научных публикаций и на                                 | элементов теплоэнергетических                          |
|             | публичных обсуждениях.   | систем;  |
|             | пуоли шых оосуждениях.   | - методику проведения вычисли-                         |
|             |  | тельного эксперимента с моде-                          |
|             |  | лями элементов теплоэнергети-                          |
|             |  | ческих систем на ЭВМ;                                  |
|             |  | - методы исследования матема-                          |
|             |  | тических моделей элементов те-                         |
|             |  | плоэнергетических систем раз-                          |
|             |  | ных типов;   |

|  | - основные прикладные про-     |
|--|--------------------------------|
|  | граммные средства для исследо- |
|  | вательских работ.              |
|  | Уметь:                         |
|  | - обоснованно проводить фор-   |
|  | мализацию исследуемых моде-    |
|  | лей элементов теплоэнергетиче- |
|  | ских систем;                   |
|  | - применять, средства и языки  |
|  | моделирования для анализа мо-  |
|  | делей элементов теплоэнергети- |
|  | ческих систем;                 |
|  | - организовывать серию экспе-  |
|  | риментов для достижения за-    |
|  | данной цели исследования мо-   |
|  | делей элементов теплоэнергети- |
|  | ческих систем;                 |
|  | - интерпретировать полученные  |
|  | результаты моделей элементов   |
|  | теплоэнергетических систем,    |
|  | сравнивая их со справочными    |
|  | техническими характеристика-   |
|  | ми.                            |
|  | Владеть:                       |
|  | - методикой разработки и при-  |
|  | менения математических моде-   |
|  | лей теплоэнергетических сис-   |
|  | тем;                           |
|  | - методикой проведения вычис-  |
|  | лительного эксперимента с мо-  |
|  | делями элементов теплоэнерге-  |
|  | тических систем на ЭВМ;        |
|  | - методикой исследования ма-   |
|  | тематических моделей элемен-   |
|  | тов теплоэнергетических систем |
|  | разных типов;                  |
|  | - навыками работы с основными  |
|  | прикладными программными       |
|  | средствами для исследований    |
|  | элементов теплоэнергетических  |
|  | Shemenrob remnosheprermackna   |

### 2. Цели и задачи дисциплины. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП магистратуры

систем

Дисциплина (модуль) «Математическое моделирование» реализуется в рамках базовой части  $\underline{5.1.5.04}$ .

Целью изучения дисциплины «Математическое моделирование» является изучение основ математического моделирования, классификации математических моделей, построение математических моделей различных систем и их ис-

следование с помощью метода численного моделирования, планирование численных экспериментов и интерпретация полученных результатов.

#### Задачи:

-формирование у магистрантов теоретических знаний и практических навыков в области математического моделирования.

Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении следующих дисциплин бакалавриата:

- высшая математика;
- информатика.

Дисциплина (модуль) «Математическое моделирование» изучается на  $\underline{1}$  курсе в 1 семестре (о.о.), 1 курсе в 1,2 семестрах (з.о.).

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) «Математическое моделирование» составляет <u>2</u> зачетных единиц (з.е.), <u>72</u> академических часа.

#### Объём дисциплины (модуля) по видам учебных занятий (в часах)

Учебные занятия по образовательным программам проводятся в форме контактной работы обучающихся с преподавателем и в форме самостоятельной работы обучающихся

| Вид учебной работы  | очная форма<br>обучения | заочная форма<br>обучения |
|---|-------------------------|---------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины   | 72                      | 72                        |
| Аудиторные занятия (включая контактную работу обучающихся с преподавателем), из них:      | 28                      | 12                        |
| - лекции  | -                       | -                         |
| - практические занятия  | -                       | -                         |
| - лабораторные занятия  | 28                      | 12                        |
| Самостоятельная работа студента (включая контактную работу обучающихся с преподавателем): | 44                      | 60                        |
| - курсовая работа (проект)  | -                       | -                         |
| - контрольная работа (расчётно-графическая работа)  | -                       | -                         |
| - доклад (реферат)  | -                       | -                         |
| и др.   | -                       | -                         |
| Вид промежуточной аттестации (контактная работа)  | зачёт                   | зачёт                     |

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

# 4.1. Разделы дисциплины (модуля) «Математическое моделирование» и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) для очной формы обучения

|        |   |    | ау                               | лючая<br>работу<br>и тј<br>(в а<br>диторн<br>бные з | самос<br>у обуч<br>рудоем<br>акад. ч<br>ные | стоятельную<br>ающихся<br>икость<br>часах) | Фаналия       |
|--------|---|----|----------------------------------|---|---|--|---------------|
| № п/п  |   |    | Самостоятельная  <br>обучающихся | Формы кон-<br>троля успе-<br>ваемости               |   |  |               |
| 1.     | Базовые понятия моделирования элементов тепло-<br>энергетических систем   | 18 | -                                | -   | 7   | 11   | собеседование |
| 2.     | Математические модели<br>теплоэнергетики                                  | 18 | -                                | -   | 7   | 11   | собеседование |
| 3.     | Нестационарная сопряженная задача теплопроводности в неоднородном стержне | 18 | -                                | -   | 7   | 11   | собеседование |
| 4.     | Нестационарная задача теплопроводности в неоднородной пластине            | 18 | -                                | -   | 7   | 11   | собеседование |
| Всего: |   | 72 | -                                | -   | 28  | 44   | зачет         |

#### для заочной формы обучения

|        |   | <b>трудоёмкость</b> (в часах)                | ау | лючая<br>работу<br>и т                | самос<br>у обуч<br>рудоем<br>акад. ч<br>ные | ах занятий,<br>стоятельную<br>ающихся<br>икость<br>часах) | Фаналия       |
|--------|---|--|----|---------------------------------------|---|---|---------------|
| № п/п  | Раздел<br>дисциплины  | Раздел В В В В В В В В В В В В В В В В В В В |    | Формы кон-<br>троля успе-<br>ваемости |   |   |               |
| 1.     | Базовые понятия моделирования элементов тепло-<br>энергетических систем   | 18   | -  | -                                     | 3   | 15  | собеседование |
| 2.     | Математические модели<br>теплоэнергетики                                  | 14   | -  | -                                     | 3   | 11  | собеседование |
| 3.     | Нестационарная сопряженная задача теплопроводности в неоднородном стержне | 18   | -  | -                                     | 3   | 15  | собеседование |
| 4.     | Нестационарная задача теплопроводности в неоднородной пластине            | 22   | -  | -                                     | 3   | 19  | собеседование |
| Всего: |   | 72   | •  | -                                     | 12  | 60  | зачет         |

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля) «Математическое моделирование», структурированное по разделам

Лекционные занятия

Учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия

Учебным планом не предусмотрены.

Лабораторные занятия

| № | Наименование<br>раздела дисциплины   | Содержание  |
|---|--|---|
| 1 | Базовые понятия моделирования элементов теплоэнергетических систем                     | Интерполяция и предсказание. Математическая обработка результатов экспериментальных данных. |
| 2 | Математические моде-<br>ли теплоэнергетики   | Математическое моделирование задач теплопередач   |
| 3 | Нестационарная со-<br>пряженная задача теп-<br>лопроводности в<br>неоднородном стержне | Создание математической модели теплового расчета теплообменных аппаратов                    |
| 4 | Нестационарная задача теплопроводности в неоднородной пластине                         | Создание математической модели теплового расчета задач термодинамики                        |

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модуля) «Математическое моделирование»

Список учебно-методических материалов, которые помогают обучающемуся организовать самостоятельное изучение тем (вопросов) дисциплины (модуля) «Математическое моделирование»:

- Аверченов В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие, Москва: Флинта, 2016. - 271 c.
- https://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=93344
- Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование Москва: Физматлит, 2005. – 160 c.
- https://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=68976
- Никулин К.С. Математическое моделирование в системе MATCAD: лабораторный практикум: учебное пособие. М.: Альтаир, МГАВТ, 2008.-128 стр.

#### http://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=430749

4. Ляшков В. И. Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики: Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 139 стр.

#### http://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=277818

5. Евсина Е.М. Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине «Математическое моделирование» для магистрантов, направление подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» /Е.М. Евсина — Астрахань, AИCH-2015.-52 с.

#### http://edu.aucu.ru

6. Евсина Е.М. Учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям по дисциплине «Математическое моделирование» для магистрантов, направление подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника», Астрахань, АИСИ - 2015. - 80 с.

#### http://edu.aucu.ru

7. Степочкина Е.А. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. пособие, Москва: Директ-Медиа, 2014. – 236 с.

http://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=226141

- 8. Колбин В.В. Специальные методы оптимизации. 1-е изд. Изд-во «Лань». 2014. 384 с.
- 9. Юрьева А.А. Математическое программирование. 2-е изд. исправ. и доп. Изд-во «Лань». 2014. 480 с.
- 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) «Математическое моделирование» (Приложение 1)
- 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### а) основная учебная литература:

1. Аверченов В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие, Москва: Флинта, 2016.-271 с.

https://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=93344

- 2. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование Москва: <u>Физматлит</u>, 2005. 160 с.
- https://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=68976
- 3. Данилов Н. Н. Математическое моделирование: учебное пособие для вузов, Кемерово: Издательство Кемеровский государственный университет, 2014. 98 стр.

http://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=278827

#### б) дополнительная учебная литература:

4. Юрьева А.А. Математическое программирование. 2-е изд. исправ. и доп. – Изд-во «Лань». 2014.-480 с.

1. Степочкина Е.А. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. пособие, Москва: Директ-Медиа, 2014. – 236 с.

http://biblioclub.ru/index.php?page=book\_view\_red&book\_id=226141

- 6. Евсина Е.М. Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе по дисциплине «Математическое моделирование процесса в компонентах природы»: для магистрантов, направление подготовки «Природообустройство и водопользование» /Е.М. Евсина. Астрахань, АИСИ 2015. 64 с. <a href="http://edu.aucu.ru">http://edu.aucu.ru</a>
- Евсина Е.М. Учебно-методическое пособие к 7. лабораторным дисциплине «Математическое моделирование процесса в занятиям магистрантов, направление компонентах природы» ДЛЯ подготовки «Природообустройство и водопользование», Астрахань, АИСИ - 2015. - 71 с.

http://edu.aucu.ru

8. Евсина E.M. Учебно-методическое пособие практическим К «Математическое моделирование процесса в ПО дисциплине занятиям магистрантов, направление подготовки компонентах природы» ДЛЯ «Природообустройство и водопользование», Астрахань, АИСИ - 2015. - 57 с.

http://edu.aucu.ru

- 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)
  - 1. Научная электронная библиотека <a href="http://www.elibrary.ru/">http://www.elibrary.ru/</a>
- 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

| Вид учебных<br>занятий | Организация деятельности студента  |
|------------------------|--|
| Лабораторная<br>работа | Методические указания по выполнению лабораторных работ   |
| Подготовка к<br>зачету | При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др. |

# 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модуля) «Математическое моделирование», включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

| Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы         | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты под-<br>тверждающего документа  |
|--|--|
| Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий (ул. Татищева 18, ауд. №209) | Маthcad Education - University Edition (Договор поставки №220-1310250110 с ООО «5.25 Программы» от 24.10.2013г.) на 25 компьютеров;  Місгозоft Windows 7 Professional ОЕМ (Договор поставки №1279 с ИП «Зверев Д.Н.» от 24.10.2013г.) на 16 компьютеров;  Місгозоft office pro+ Dev SL A Each Academic (Договор поставки №1774 с ЗАО «СофтЛайн Трейд» от 18.11.2015г.) на 47 компьютеров;  Для доступа в Интернет используются выделенные оптоволоконные каналы с пропускной способностью 100 Мбит/с в соответствии с договорами: Договор с ПАО АТК «РЕАЛ» об оказании услуг связи № А17-0040 от 30.01.2017 г.; Договор с ООО «Ростелеком» об оказании услуг связи № 011887 от 11.01.2017 г. |
| Аудитория для самостоятельной работы (ул. Татищева 18, ауд. №312)                  | АрасheOpenOffice (бесплатный офисный пакет Опен Офис, бессрочно, неограниченно);  7-Zip (свободный файловый архиватор, бессрочно, неограниченно);  АdobeAcrobatReader DC (Бесплатная программа для чтения, печати и рецензирования файлов PDF, бессрочно, неограниченно);  Для доступа в Интернет используются выделенные оптоволоконные каналы с пропускной способностью 100 Мбит/с в соответствии с договорами: Договор с ПАО АТК «РЕАЛ» об оказании услуг связи № А17-0040 от 30.01.2017 г.; Договор с ООО «Ростелеком» об оказании услуг связи № 011887 от 11.01.2017 г.   |
| Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций (ул. Татищева 18, ауд. №211) | АрасheOpenOffice (бесплатный офисный пакет Опен Офис, бессрочно, неограниченно);  7-Zip (свободный файловый архиватор, бессрочно, неограниченно);  АdobeAcrobatReader DC (Бесплатная программа для чтения, печати и рецензирования файлов PDF, бессрочно, неограниченно);  Для доступа в Интернет используются выделенные оптоволоконные каналы  |

|  | с пропускной способностью 100 Мбит/с в соответствии с договорами: Договор с ПАО АТК «РЕАЛ» об оказании услуг связи № А17-0040 от 30.01.2017 г.; Договор с ООО «Ростелеком» об оказании услуг связи № 011887 от  |
|--|---|
|  | 11.01.2017 r.   |
| Аудитория для текущей и про-<br>межуточной ат- | ApacheOpenOffice (бесплатный офисный пакет Опен Офис, бессрочно, неограниченно);  |
| тестации (ул.<br>Татищева 18,                  | 7-Zip (свободный файловый архиватор, бессрочно, неограниченно);   |
| ауд. № 311)                                    | AdobeAcrobatReader DC (Бесплатная программа для чтения, печати и рецензирования файлов PDF, бессрочно, неограниченно);  |
|  | Для доступа в Интернет используются выделенные оптоволоконные каналы с пропускной способностью 100 Мбит/с в соответствии с договорами: Договор с ПАО АТК «РЕАЛ» об оказании услуг связи № А17-0040 от 30.01.2017 г.; Договор с ООО «Ростелеком» об оказании услуг связи № 011887 от 11.01.2017 г. |

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

| Наименование спе-  | Оснащенность специальных помещений и помещений для само- |
|--------------------|--|
| циальных* поме-    | стоятельной работы                                       |
| щений и помеще-    |  |
| ний для самостоя-  |  |
| тельной работы     |  |
| Учебная аудитория  | Комплект учебной мебели                                  |
| для проведения ла- | Мульдимедиа проектор – 1 шт.                             |
| бораторных занятий | Доска ученическая  |
| (ул. Татищева 18,  | Компьютеры – 16 шт.                                      |
| ауд. №209).        | Экран проекционный – 1 шт.                               |
|                    | Доступ к сети Интернет                                   |
| Аудитория для са-  | Комплект учебной мебели                                  |
| мостоятельной      | Компьютеры – 14 шт.                                      |
| работы             | Доступ к сети Интернет                                   |
| (ул. Татищева 18,  |  |
| ауд. №312)         |  |
| Аудитория для      | Комплект учебной мебели                                  |
| групповых и инди-  | Мульдимедиа проектор – 1 шт.                             |
| видуальных кон-    | Доска ученическая  |
| сультаций          | Компьютеры – 16 шт.                                      |
| (ул. Татищева 18,  | Экран проекционный – 1 шт.                               |
| ауд. №211)         | Доступ к сети Интернет                                   |
| Аудитория для те-  | Комплект учебной мебели                                  |
| кущей и промежу-   | Мульдимедиа проектор – 1 шт.                             |
| точной аттестации  | Доска ученическая  |
| (ул. Татищева 18,  | Компьютеры – 16 шт.                                      |
| ауд. № 209)        | Экран проекционный – 1 шт.                               |
|                    | Доступ к сети Интернет                                   |

#### 12. Иные сведения и (или) материалы

#### ИНТЕРАКТИВНЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ Очное отделение

| <b>№</b><br>пп | Наименование раздела<br>дисциплины  | Вид занятий (лек-<br>ция, лабораторные,<br>практические заня-<br>тия) | Количество интер. часов | Наименование интерактивных форм проведения занятий |
|----------------|---|---|-------------------------|--|
| 1.             | Базовые понятия моделирования элементов теплоэнергетических систем        | лабораторные заня-<br>тия   | 2,5                     | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
| 2.             | Математические модели<br>теплоэнергетики                                  | лабораторные заня-<br>тия   | 2,5                     | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
| 3.             | Нестационарная сопряженная задача теплопроводности в неоднородном стержне | лабораторные заня-<br>тия   | 2,5                     | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
| 4.             | Нестационарная задача теплопроводности в неоднородной пластине            | лабораторные заня-<br>тия   | 2,5                     | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
|                | Итого:  | 28  | 10                      |  |

#### Заочное отделение

| <b>№</b><br>пп | Наименование раздела<br>дисциплины  | Вид занятий (лек-<br>ция, лаборатор-<br>ные, практические<br>занятия) | Количество<br>интер.часов | Наименование интерактивных форм проведения занятий |
|----------------|---|---|---------------------------|--|
| 1.             | Базовые понятия моделирования элементов теплоэнергетических систем        | лабораторные заня-<br>тия   | 1                         | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
| 2.             | Математические модели<br>теплоэнергетики                                  | лабораторные заня-<br>тия   | 1                         | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
| 3.             | Нестационарная сопряженная задача теплопроводности в неоднородном стержне | лабораторные заня-<br>тия   | 1                         | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |
| 4.             | Нестационарная задача теплопроводности в неоднородной пластине            | лабораторные заня-<br>тия   | 1                         | электронное тестирование знаний, умений и навыков  |

| Итого: | 12 | 4 |  |
|--------|----|---|--|

## **ЛИСТ** внесения дополнений и изменений

Дополнение к рабочей программе дисциплины Математическое моделирование

| Зав. кафедрой       |                   |
|---------------------|-------------------|
|                     |                   |
|                     | (Ф.И.О., подпись) |
| Протокол            |                   |
| $N_{\underline{0}}$ |                   |
| OT «»               | 20г.              |

| раздел | стр.<br>пункт | содержание изменения, дополнения |
|--------|---------------|----------------------------------|
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |
|        |               |                                  |

#### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

|  | Ф.И.О.         | Результат согласования | Подпись |
|--|----------------|------------------------|---------|
| Начальник УМУ  | Шуклина Ю.А.   | согласовано            |         |
| Председатель МС направления «Теплоэнергетика и теплотехника» | Дербасова Е.М. | согласовано            |         |

Министерство образования и науки Астраханской области Государственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет» (ГАОУ АО ВО «АГАСУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

/ И.О. Петрова /

(подпись) И.О.Ф.

« 25 » 04 2018 г.

#### ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

| Наименование дисциплины  |
|--|
| Математическое моделирование   |
| (указывается наименование в соответствии с учебным планом)                           |
| По направлению подготовки  |
| 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"  |
| (указывается наименование направления подготовки в соответствии с $\Phi \Gamma OC$ ) |
| Направленность (профиль) подготовки  |
| " Энергетика теплотехнологий "   |
| (указывается наименование профиля в соответствии с ООП)                              |
| <b>Кафедра</b> <u>Системы автоматизированного проектирования и моделирования</u>     |
| Квалификация (степень) выпускника магистр  |

| Разработчик:  | al.                 |                                |                               |                             |
|---|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| _к.т.н., доцент_  | Moef                | / <u>Е. М. Евси</u>            | на/                           |                             |
| (занимаемая должность,<br>учёная степень и учёное звание) | (полись)            | И.О.Ф.                         |                               |                             |
| Оценочные и методическ                                    | ие материалы разраб | ботаны для учебі               | ного плана 2018               | 3 г.                        |
| Оценочные и мето  | одические материал  | ы рассмотрены                  | и одобрены                    | на заседании                |
| кафедры « <u>Системы автом</u>                            | патизированного про | ектирования и м                | <u> поделирования</u>         | _» протокол №               |
| 9 от <u>26.04. <i>20 18</i> г</u> .                       |                     |                                |                               |                             |
| Заведующий ка   |                     | 9 .                            | <u>Ю. Петрова</u> /<br>И.О.Ф. |                             |
| Согласовано:  |                     |                                |                               |                             |
| Председатель М  | МКН «Теплоэнергетик | ка и теплотехника              | ау <u>Д Де</u><br>(подпись)   | <u>kSecoba5</u> И<br>и.о.ф. |
| Начальник УМ  | у Ом и              | 10: A. Allynouisu<br>zr. g. op | 2_                            |                             |

Специалист УМУ

(подпись)

#### 1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

| Nº | Контролируемые разделы<br>дисциплины<br>(результаты по разделам) | Код контролируемой<br>компетенции | Наименование<br>оценочного<br>средства |
|----|--|-----------------------------------|--|
| 1. | Базовые понятия моделирования                                    | ПК-2(знать)                       |  |
|    | элементов теплоэнергетических                                    | ПК-2 (уметь)                      |  |
|    | систем   |                                   | собеседование,                         |
|    |  | ПК-7 (знать)                      | зачет                                  |
|    |  | ПК-7 (уметь)                      |  |
| 2. | Математические модели  | ПК-2(знать)                       |  |
|    | теплоэнергетики  | ПК-2 (уметь)                      | собеседование,                         |
|    | _  | ПК-7(знать)                       | зачет                                  |
|    |  | ПК-7 (уметь)                      |  |
| 3. | Нестационарная сопряженная                                       | ПК-2(знать)                       |  |
|    | задача теплопроводности в  | ПК-2 (уметь)                      |  |
|    | неоднородном стержне   | ПК-2 (владеть)                    | собеседование,                         |
|    |  | ПК-7(знать)                       | зачет                                  |
|    |  | ПК-7(уметь)                       |  |
|    |  | ПК-7 (владеть)                    |  |
| 4. | Нестационарная задача  | ПК-2 (знать)                      |  |
|    | теплопроводности в   | ПК-2 (уметь)                      |  |
|    | неоднородной пластине  | ПК-2 (владеть)                    | собеседование,                         |
|    |  | ПК-7 (знать)                      | зачет                                  |
|    |  | ПК-7 (уметь)                      |  |
|    |  | ПК-7 (владеть)                    |  |

#### Критерии оценивания компетенций следующие:

- ✓ ответы имеют полные решения\* (их содержание свидетельствует об уверенных знаниях обучающегося и о его умении решать профессиональные задачи), позволяющие проверить уровень сформированности компетенций, оценивается в 5 баллов (отлично);
- ✓ более 75 % ответов имеют полные решения (их содержание свидетельствует о достаточных знаниях обучающегося и его умении решать профессиональные задачи) -4 балла (хорошо);
- ✓ не менее 50 % ответов имеют полные решения (их содержание свидетельствует об удовлетворительных знаниях обучающегося и о его ограниченном умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации) − 3 балла (удовлетворительно);
- ✓ менее 50 % ответов имеют решения (их содержание свидетельствует о слабых знаниях обучающегося и его неумении решать профессиональные задачи) 2 балла (неудовлетворительно);

<sup>\*</sup> Полное решение – решение вопроса с правильным ответом

## 2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

| Индекс и   | Номер и наименование   |   | Номер разде. | ла дисциплин | ы |   |
|--|--|---|--------------|--------------|---|---|
| формулировка<br>компетенции N  | результатов образования по<br>дисциплине   | 1 | 2            | 3            | 4 | Формы контроля с конкретизацией<br>задания  |
| 1  | 2  | 3 | 4            | 5            | 6 | 7   |
| ПК - 2:<br>способность к<br>проведению<br>технических<br>расчетов по<br>проектам,<br>технико-<br>экономического<br>и<br>функционально-<br>стоимостного | Знать: - методы математического моделирования действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений для обеспечения экономической эффективности проекта       | X | X            | X            | X | Собеседование: Раздел 1: вопросы 1-6 Раздел 2: вопросы 1-16   |
| анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки  | Уметь: - организовывать и осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научнотехнической информации по теме исследования; - научно обоснованно производить выбор методик и средств решения задачи | X | X            | X            | X | Собеседование: Раздел 1: Лабораторная работа. Теплопроводность при стационарном режиме Раздел 2: Лабораторная работа. Тепловой расчет теплообменных аппаратов Лабораторная работа. Задачи по термодинамике Раздел 3: Лабораторная работа. Одномерная задача теплопроводности для неоднородного стержня Раздел 4: Лабораторная работа. Одномерная задача |

| нового<br>теплоэнергетиче<br>ского,   |   |   |   |   |   | теплопроводности для неоднородной пластины                  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| теплотехническо го и теплотехнологич еского оборудования  | Владеть: - методами разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере  | X | X | X | X | Зачет вопросы: 1-51   |
| ПК - 7:<br>способностью<br>планировать и<br>ставить задачи<br>исследования,<br>выбирать методы<br>экспериментальн<br>ой работы,<br>интерпретироват<br>ь и представлять<br>результаты<br>научных<br>исследований в<br>виде отчетов,<br>рефератов,<br>научных<br>публикаций и на<br>публичных<br>обсуждениях; | Знать: - основные типы математических моделей элементов теплоэнергетических систем; - основные принципы построения математических моделей элементов теплоэнергетических систем; - методику проведения вычислительного эксперимента с моделями элементов теплоэнергетических систем на ЭВМ; - методы исследования математических моделей | X | X | X | X | Собеседование: Раздел 1: вопросы 1-6 Раздел 2: вопросы 1-16 |

| _ | теплоэнергетических систем разных типов; - основные прикладные программные средства для исследовательских работ.  Уметь:   | X | X | X | X | Собеседование:  |
|---|--|---|---|---|---|---|
|   | - обоснованно проводить формализацию исследуемых моделей элементов теплоэнергетических систем; - применять, средства и языки моделирования для анализа моделей элементов теплоэнергетических систем; - организовывать серию экспериментов для достижения заданной цели исследования моделей элементов теплоэнергетических систем; - интерпретировать полученные результаты моделей элементов теплоэнергетических систем; - интерпретировать полученные результаты моделей элементов теплоэнергетических систем, сравнивая их со справочными техническими характеристиками. |   |   |   |   | Раздел 1: Лабораторная работа. Теплопроводность при стационарном режиме Раздел 2: Лабораторная работа. Тепловой расчет теплообменных аппаратов Лабораторная работа. Задачи по термодинамике Раздел 3: Лабораторная работа. Одномерная задача теплопроводности для неоднородного стержня Раздел 4: Лабораторная работа. Одномерная задача теплопроводности для неоднородной пластины |

| Владеть:                   | X | X | X | X | Зачет         |
|----------------------------|---|---|---|---|---------------|
| - методикой разработки и   |   |   |   |   | вопросы: 1-51 |
| применения                 |   |   |   |   |               |
| математических моделей     |   |   |   |   |               |
| теплоэнергетических        |   |   |   |   |               |
| систем;                    |   |   |   |   |               |
| - методикой проведения     |   |   |   |   |               |
| вычислительного            |   |   |   |   |               |
| эксперимента с моделями    |   |   |   |   |               |
| элементов                  |   |   |   |   |               |
| теплоэнергетических        |   |   |   |   |               |
| систем на ЭВМ;             |   |   |   |   |               |
| - методикой исследования   |   |   |   |   |               |
| математических моделей     |   |   |   |   |               |
| элементов                  |   |   |   |   |               |
| теплоэнергетических        |   |   |   |   |               |
| систем разных типов;       |   |   |   |   |               |
| - навыками работы с        |   |   |   |   |               |
| основными прикладными      |   |   |   |   |               |
| программными средствами    |   |   |   |   |               |
| для исследований элементов |   |   |   |   |               |
| теплоэнергетических        |   |   |   |   |               |
| систем                     |   |   |   |   |               |

#### Шкала оценивания

| Уровень достижений | Отметка в 5-бальной шкале | Зачтено/ не зачтено |  |
|--------------------|---------------------------|---------------------|--|
| высокий            | «5»(отлично)              | зачтено             |  |
| продвинутый        | «4»(хорошо)               | зачтено             |  |
| пороговый          | «3»(удовлетворительно)    | зачтено             |  |
| ниже порогового    | «2»(неудовлетворительно)  | не зачтено          |  |

#### 3. Типовые контрольные задания или иные материалы

#### 3.1. Зачет

- а) типовые вопросы
- 1. Роль новых информационных технологий и математического обеспечения в энергетике.
- 2. Типы моделей.
- 3. Этапы математического моделирования.
- 4. Понятие формальной модели.
- 5. Численные модели.
- 6. Графические модели.
- 7. Лингвистические модели.
- 8. Формально-логические модели.
- 9. Структурная модель системы
- 10. Обработка табличных данных. Понятие о приближении функций.
- 11. Обработка табличных данных. Точечная аппроксимация.
- 12. Обработка табличных данных. Равномерное приближение.
- 13. Обработка табличных данных. Линейная интерполяция.
- 14. Обработка табличных данных. Квадратичная интерполяция.
- 15. Обработка табличных данных. Многочлен Лагранжа.
- 16. Обработка табличных данных. Метод сплайнов.
- 17. Эмпирические формулы.
- 18. Метод наименьших квадратов.
- 19. Случайные события, классификация случайных событий. Примеры случайных событий в электроэнергетике.
- 20. Полная группа событий.
- 21. Формула полной вероятности.
- 22. Теорема о повторении опытов.
- 23. Построение упорядоченных диаграмм с помощью схемы независимых испытаний.
- 24. Основные понятия теории надёжности.
- 25. Применение основных теорем теории вероятностей для определения показателей надёжности схем электроснабжения.
- 26. Случайные величины в электроэнергетике. Непрерывные и дискретные случайные величины.
- 27. Статистический ряд, многоугольник распределения.
- 28. Законы распределения случайных величин, числовые характеристики случайных величин и их свойства.

- 29. Определение вероятности попадания случайной величины в заданный интервал при различных законах распределения.
- 30. Системы случайных величин и их характеристики, коэффициент корреляции.
- 31. Определение случайного процесса и его характеристик.
- 32. Корреляционный анализ случайных процессов.
- 33. Спектральный анализ случайных процессов.
- 34. Классификация случайных процессов.
- 35. Пуассоновские процессы, потоки событий.
- 36. Моделирование случайных процессов изменения электрических нагрузок.
- 37. Основы теории вейвлетов.
- 38. Вейвлеты Хаара, Добеши.
- 39. Масштабирующие функции.
- 40. Вейвлет-преобразования случайных процессов.
- 41. Основные понятия теории нечетких множеств.
- 42. Операции над нечеткими множествами.
- 43. Множества альфа-уровня. Логика принятия решений.
- 44. Определение функций принадлежностей. Схема управления на основе нечеткой логики.
- 45. Представление параметров режима нечеткими моделями в условиях неопределенности.
- 46. Искусственные нейронные сети.
- 47. Многослойные сети прямого распространения.
- 48. Сеть Кохонена.
- 49. Сеть Хопфилда.
- 50. Обучение ИНС.
- 51. Особенности применения технологий ИНС при решении задач оперативного управления ЭЭС.

#### 3.2. Собеседование

- а) Примерный перечень заданий для собеседования (Приложение)
- 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

#### 4.1. Зачет

При оценке знаний на зачете учитывается:

- 1. Уровень сформированности компетенций.
- 2. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
- 3. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
- 4. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
- 5. Умение связать теорию с практикой.

#### 6. Умение делать обобщения, выводы.

| № п/п | Оценка              | Критерии оценки                                       |
|-------|---------------------|---|
| 1     | Отлично             | Обучающийся должен:                                   |
|       |                     | - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение      |
|       |                     | знаний программного материала;                        |
|       |                     | - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически |
|       |                     | стройно изложить теоретический материал;              |
|       |                     | - правильно формулировать определения;                |
|       |                     | - продемонстрировать умения самостоятельной работы с  |
|       |                     | литературой;  |
|       |                     | - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.      |
|       |                     |   |
| 2     | Хорошо              | Обучающийся должен:                                   |
|       | 1                   | - продемонстрировать достаточно полное знание         |
|       |                     | программного материала;                               |
|       |                     | - продемонстрировать знание основных теоретических    |
|       |                     | понятий;  |
|       |                     | достаточно последовательно, грамотно и логически      |
|       |                     | стройно излагать материал;                            |
|       |                     | - продемонстрировать умение ориентироваться в         |
|       |                     | литературе;   |
|       |                     | - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по     |
|       |                     | излагаемому материалу.                                |
| 3     | Удовлетворительно   | Обучающийся должен:                                   |
|       |                     | - продемонстрировать общее знание изучаемого          |
|       |                     | материала;  |
|       |                     | - показать общее владение понятийным аппаратом        |
|       |                     | дисциплины;   |
|       |                     | - уметь строить ответ в соответствии со структурой    |
|       |                     | излагаемого вопроса;                                  |
|       |                     | - знать основную рекомендуемую программой учебную     |
|       | **                  | литературу.   |
| 4     | Неудовлетворительно | Обучающийся демонстрирует:                            |
|       |                     | незнание значительной части программного материала;   |
|       |                     | - не владение понятийным аппаратом дисциплины;        |
|       |                     | существенные ошибки при изложении учебного            |
|       |                     | материала;  |
|       |                     | неумение строить ответ в соответствии со структурой   |
|       |                     | излагаемого вопроса;                                  |
|       |                     | - неумение делать выводы по излагаемому материалу.    |
| 5     | Зачтено             | Выставляется при соответствии параметрам              |
|       |                     | экзаменационной шкалы на уровнях «отлично»,           |
|       |                     | «хорошо»,   |
|       |                     | «удовлетворительно».                                  |
| 6     | Незачтено           | Выставляется при соответствии параметрам              |
|       |                     | экзаменационной шкалы на уровне                       |
|       |                     | (HONDODIOTHODIATION                                   |

#### 4.2. Собеседование

При оценке знаний на собеседовании учитывается:

- 1. Уровень сформированности компетенций.
- 2. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
- 3. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
- 4. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
- 5. Умение связать теорию с практикой.
- 6. Умение делать обобщения, выводы.

| Оценка     | Критерии оценки:  |  |  |  |
|------------|---|--|--|--|
| Зачтено    | - высокая степень усвоения магистрантом понятий и категорий   |  |  |  |
|            | по вопросам предложенных тем;                                 |  |  |  |
|            | - показал хорошее умение работать с документальными и         |  |  |  |
|            | литературными источниками;                                    |  |  |  |
|            | - показал умение формулировать основные выводы по             |  |  |  |
|            | результатам анализа конкретного материала;                    |  |  |  |
|            | - высокая грамотность и стиль изложения;                      |  |  |  |
|            | - проявлена оригинальность в осмыслении материала;            |  |  |  |
|            | - сформулированы выводы по вопросам предложенных тем;         |  |  |  |
|            | - сформулировал и обосновал собственную позицию пол           |  |  |  |
|            | вопросам предложенных тем.                                    |  |  |  |
|            | Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной      |  |  |  |
|            | шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».    |  |  |  |
| Не зачтено | - низкая степень усвоения магистрантом понятий и категорий по |  |  |  |
|            | вопросам предложенных тем;                                    |  |  |  |
|            | - не показал умение работать с документальными и              |  |  |  |
|            | литературными источниками;                                    |  |  |  |
|            | - показал не достаточное умение формулировать основные        |  |  |  |
|            | выводы по результатам анализа конкретного материала;          |  |  |  |
|            | - низкая степень грамотности и стиля изложения материала;     |  |  |  |
|            | - не проявлена оригинальность в осмыслении материала;         |  |  |  |
|            | - не сформулированы выводы по вопросам предложенных тем;      |  |  |  |
|            | - сформулировал, но не обосновал собственную позицию по       |  |  |  |
|            | вопросам предложенных тем.                                    |  |  |  |
|            | Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной      |  |  |  |
|            | шкалы на уровне «неудовлетворительно».                        |  |  |  |

#### Государственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего профессионального образования «Астраханский инженерно-строительный институт»

#### Кафедра САПРиМ

# Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине «Математическое моделирование»

- 1. Роль новых информационных технологий и математического обеспечения в энергетике.
- 2. Типы моделей.
- 3. Этапы математического моделирования.
- 4. Понятие формальной модели.
- 5. Численные модели.
- 6. Графические модели.
- 7. Лингвистические модели.
- 8. Формально-логические модели.
- 9. Структурная модель системы
- 10. Обработка табличных данных. Понятие о приближении функций.
- 11. Обработка табличных данных. Точечная аппроксимация.
- 12. Обработка табличных данных. Равномерное приближение.
- 13. Обработка табличных данных. Линейная интерполяция.
- 14. Обработка табличных данных. Квадратичная интерполяция.
- 15. Обработка табличных данных. Многочлен Лагранжа.
- 16. Обработка табличных данных. Метод сплайнов.
- 17. Эмпирические формулы.
- 18. Метод наименьших квадратов.
- 19. Случайные события, классификация случайных событий. Примеры случайных событий в электроэнергетике.
- 20. Полная группа событий.
- 21. Формула полной вероятности.
- 22. Теорема о повторении опытов.
- 23. Построение упорядоченных диаграмм с помощью схемы независимых испытаний.
- 24. Основные понятия теории надёжности.
- 25. Применение основных теорем теории вероятностей для определения показателей надёжности схем электроснабжения.
- 26. Случайные величины в электроэнергетике. Непрерывные и дискретные случайные величины.

- 27. Статистический ряд, многоугольник распределения.
- 28. Законы распределения случайных величин, числовые характеристики случайных величин и их свойства.
- 29. Определение вероятности попадания случайной величины в заданный интервал при различных законах распределения.
- 30. Системы случайных величин и их характеристики, коэффициент корреляции.
- 31. Определение случайного процесса и его характеристик.
- 32. Корреляционный анализ случайных процессов.
- 33. Спектральный анализ случайных процессов.
- 34. Классификация случайных процессов.
- 35. Пуассоновские процессы, потоки событий.
- 36. Моделирование случайных процессов изменения электрических нагрузок.
- 37. Основы теории вейвлетов.
- 38. Вейвлеты Хаара, Добеши.
- 39. Масштабирующие функции.
- 40. Вейвлет-преобразования случайных процессов.
- 41. Основные понятия теории нечетких множеств.
- 42. Операции над нечеткими множествами.
- 43. Множества альфа-уровня. Логика принятия решений.
- 44. Определение функций принадлежностей. Схема управления на основе нечеткой логики.
- 45. Представление параметров режима нечеткими моделями в условиях неопределенности.
- 46. Искусственные нейронные сети.
- 47. Многослойные сети прямого распространения.
- 48. Сеть Кохонена.
- 49. Сеть Хопфилда.
- 50. Обучение ИНС.
- 51. Особенности применения технологий ИНС при решении задач оперативного управления ЭЭС.

# Государственное автономное образовательное учреждение Астраханской области высшего профессионального образования «Астраханский инженерно-строительный институт»

Кафедра САПРиМ

## Примерный перечень заданий для собеседования по лабораторным работам

#### по дисциплине «Математическое моделирование»

#### Общее задание ко всем лабораторным работам:

- І. Выбрать математическую модель объекта и исследовать теоретически:
- II. Разработать алгоритм для реализации модели на компьютере (модель должна быть представлена в форме, удобной для применения численных методов, определить последовательность вычислительных и логических операций, которые нужно произвести, чтобы найти решение с заданной точностью).
- III. Перевести алгоритм модели в компьютерные программы.

#### Лабораторная работа. Теплопроводность при стационарном режиме

- 1. Вычислить и изобразить графики в масштабе распределения температуры в стенке:
  - определить плотность теплового потока;
  - определить температуры на любом расстоянии x от поверхности стенки.
- 2. Определить потери теплоты с одного квадратного метра поверхности и температуры на внешних поверхностях стены печи из шамотного кирпича при известных температурах газа в печи и воздуха в помещении и коэффициента теплоотдачи. Для решения задачи использован метод последовательных приближений:
- 1. определить значения коэффициентов теплопроводности шамотного кирпича;
- 2. вычислить коэффициент теплопередачи;
- 3. определить плотность теплового потока;
- 4. вычислить температуры на поверхностях стенки;
- 5. определить среднюю температуру стенки
- 6. определить значение коэффициента теплопроводности.