

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПОДИСЦИПЛИНЕ**

**ПРИЕМ 2019 г.**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

|                                                         |                                                                          |         |     |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|-----|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 14.05.04 Электроника и автоматика физических установок                   |         |     |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Электроника и автоматика физических установок                            |         |     |
| Специализация                                           | Системы управления технологическими процессами и физическими установками |         |     |
| Уровень образования                                     | высшее образование - <b>специалитет</b>                                  |         |     |
| Курс                                                    | 2,3                                                                      | семестр | 4,5 |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 7                                                                        |         |     |

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения на  
правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

|                                                                                      |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | А.Г. Горюнов |
|  | А.Г. Горюнов |
|  | Козин К.А.   |

2020г.

# 1. Роль дисциплины «Математическое моделирование» в формировании компетенций выпускника:

| Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА) | Семестр | Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                            | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|---------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               |         |                 |                                                                                                                                                                                                                     | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                          |
| Математическое моделирование                                  | 4       | ОПК(У)-1        | Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения | ОПК(У)-1.36                                                 | Знает численные методы и способы математического моделирования                                                                                                        |
|                                                               |         | ОПК(У)-2        | Способен применять математический аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач                                                                                                               | ОПК(У)-2.35                                                 | Знает основные понятия моделирования, задачи и цели моделирования; виды моделирования; численные методы                                                               |
|                                                               |         | ОПК(У)-3        | Способен использовать языки, системы и инструментальные средства программирования в профессиональной деятельности                                                                                                   | ОПК(У)-3.B3                                                 | Владеет основными методами работы с прикладными программными средствами                                                                                               |
|                                                               |         |                 |                                                                                                                                                                                                                     | ОПК(У)-3.33                                                 | Знает типовые численные методы и алгоритмы их реализации                                                                                                              |
|                                                               | 5       | ПК(У)-23        | Способен применять современные методы исследования процессов и объектов профессиональной деятельности, применять математический аппарат для формализации, анализа и выработки решения                               | ПК(У)-23.B5                                                 | Владеет методами математического моделирования, используя современные математические пакеты, получать новые знания об исследуемом объекте в области разработки АСУ ТП |

| Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА) | Семестр | Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                            | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------|---------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               |         |                 |                                                                                                                                                                                                                     | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                        |
|                                                               |         | ОПК(У)-1        | Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения | ОПК(У)-1.У6                                                 | Умеет составлять полную структурную схему вещественно-энергетических потоков технологического процесса                                                                                              |
|                                                               |         | ОПК(У)-2        | Способен применять математический аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач                                                                                                               | ОПК(У)-2.В5                                                 | Владеет методами математического анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов (Matlab) |
|                                                               |         |                 |                                                                                                                                                                                                                     | ОПК(У)-2.У5                                                 | Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин для составления математического описания объекта моделирования                                                                      |
|                                                               |         | ОПК(У)-3        | Способен использовать языки, системы и инструментальные средства программирования в профессиональной деятельности                                                                                                   | ОПК(У)-3.У3                                                 | Умеет использовать численные методы для решения химико-технологических задач                                                                                                                        |
|                                                               |         | ПК(У)-23        | Способен применять современные методы исследования процессов и объектов профессиональной деятельности, применять математический аппарат для формализации, анализа и выработки решения                               | ПК(У)-23.В5                                                 | Владеет методами математического моделирования, используя современные математические пакеты, получать новые знания об исследуемом объекте в области разработки АСУ ТП                               |

## 2. Показатели и методы оценивания

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                                                               | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Методы оценивания (оценочные мероприятия)       |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                  |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                 |
| РД-1                                          | Знать численные методы различных задач и владеть средой моделирования MATLAB/Simulink.                                                                                                                        | ПК(У)-23<br>ОПК(У)-3<br>ОПК(У)-2              | Раздел 1. Основы программирования в среде моделирования MATLAB.<br>Раздел 2. Теория приближений функций.<br>Раздел 3. Теория численного интегрирования.<br>Раздел 4. Теория численного дифференцирования.<br>Раздел 5. Введение в численные методы решения задачи оптимизации.<br>Раздел 6. Математическое моделирование.<br>Раздел 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. | Защита отчета по лабораторной работе<br>Экзамен |
| РД-2                                          | Владеть методами математического анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов (MATLAB/Simulink). | ПК(У)-23<br>ОПК(У)-3<br>ОПК(У)-2<br>ОПК(У)-1  | Раздел 1. Основы программирования в среде моделирования MATLAB.<br>Раздел 6. Математическое моделирование.<br>Раздел 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.                                                                                                                                                                                                                | Защита отчета по лабораторной работе<br>Экзамен |
| РД -3                                         | Уметь разрабатывать математические модели процессов и аппаратов как объектов управления.                                                                                                                      | ОПК(У)-1<br>ОПК(У)-2<br>ПК(У)-23              | Раздел 6. Математическое моделирование.<br>Раздел 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Защита отчета по лабораторной работе<br>Экзамен |

## 3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

#### Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

| % выполнения задания | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90%÷100%             | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89%            | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% - 69%            | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 0% - 54%             | «Неудовл.»                       | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

#### Шкала для оценочных мероприятий экзамена

| % выполнения заданий экзамена | Экзамен, балл | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90%÷100%                      | 18 ÷ 20       | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89%                     | 14 ÷ 17       | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% - 69%                     | 11 ÷ 13       | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 0% - 54%                      | 0 ÷ 10        | «Неудовл.»                       | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

#### 4. Перечень типовых заданий

|    | Оценочные мероприятия      | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Защита лабораторной работы | <p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные этапы моделирования.</li> <li>2. Назовите основные типы параметров в математическом описании моделей.</li> <li>3. Что такое динамическая модель?</li> <li>4. В чем заключается физический смысл начальных и граничных условий?</li> <li>5. Какие условия необходимо соблюдать при составлении системы уравнений, описывающих физический процесс?</li> <li>6. Какие преимущества имеет блочно-ориентированный подход при построении математического описания физических процессов?</li> <li>7. Какие способы решения уравнений математических моделей вы знаете?</li> <li>8. Назовите определение термина «рекуррентное соотношение».</li> <li>9. Поясните геометрический смысл метода Эйлера?</li> <li>10. Запишите рекуррентное соотношение для метода Эйлера и Рунге_Кутты 4 –го порядка.</li> <li>11. Назовите основные средства системы Matlab, которые используются при решении динамических моделей.</li> <li>12. Какие методы решения математических моделей вы знаете и чем определяется их точность?</li> <li>13. Почему численные методы нашли широкое распространение?</li> <li>14. Назовите основные источники погрешностей при решении модели на ЭВМ численными методами.</li> <li>15. Чем определяется величина погрешности округления?</li> <li>16. Чем определяется величина погрешности усечения?</li> <li>17. Как приближенно оценить локальную ошибку вычисления численными методами?</li> <li>18. Какие способы оценки глобальной ошибки вычисления численными методами вы знаете?</li> <li>19. Какие основные формы представления выходных результатов моделирования для оценки их точности существуют?</li> <li>20. Назовите основные этапы метода конечных разностей (МКР).</li> <li>21. Чем определяется размерность системы алгебраических уравнений, получаемой в МКР?</li> <li>22. Какой вид имеет решение модели методом конечных разностей?</li> <li>23. Какие типы конечных разностей вы знаете?</li> <li>24. Получите простейшие формулы для приближенного вычисления значений производной функции.</li> <li>25. Какими особенностями обладают системы алгебраических уравнений, получаемой в МКР?</li> <li>26. Какие методы используются для решения системы алгебраических уравнений, получаемой в</li> </ol> |

|    | Оценочные мероприятия | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                       | <p>МКР?</p> <p>27. Какие способы обеспечения лучшей сходимости итерационного процесса при решении системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) в МКР вы знаете?</p> <p>28. Основные типы моделей химической технологии. Модель идеального вытеснения. Модель идеального перемешивания. Диффузионная модель. Ячеечная модель.</p> <p>29. Цели моделирования. Классификация моделей. Этапы моделирования.</p> <p>30. Аналогия и ее практическое применение. Математическая аналогия. Сходственные функции и переменные.</p> <p>31. Подобие. Виды подобия. Условия математического подобия.</p> <p>32. Основные понятия теории математического моделирования. Способы математического описания моделей. Параметры модели.</p> <p>33. Метод интерполяции с помощью полинома Лагранжа.</p> <p>34. Аппроксимация числовых данных методом наименьших квадратов.</p> <p>35. Интерполяция сплайнами.</p> <p>36. Квадратурные формулы и их погрешность.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. | Экзамен               | <p>Вопросы на экзамен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Интерполяционный полином Лагранжа: постановка задачи, область интерполяции, формула, особенности метода.</li> <li>2. Интерполяционный полином Ньютона: постановка задачи, область интерполяции, формула, особенности метода.</li> <li>3. Метод наименьших квадратов в общем виде: постановка задачи, формула, матрица Грама и ее свойства, особенности метода.</li> <li>4. Метод наименьших квадратов со степенными базисными функциями: постановка задачи, формула, матрица Грама и ее свойства, особенности метода.</li> <li>5. Сплайн интерполяция (на примере кубического сплайна): постановка задачи, условия построения сплайна, особенности метода.</li> <li>6. Численное дифференцирование: постановка задачи, вопрос устойчивости задачи. Простейшие формулы.</li> <li>7. Вывод формулы центральных разностей 2-го порядка для первой производной.</li> <li>8. Вывод формул левых и правых разностей 1-го порядка для второй производной.</li> <li>9. Оценка остаточного члена в формулах численного дифференцирования.</li> <li>10. Оптимизация шага численного дифференцирования при ограниченной точности значения функции.</li> </ol> |

|  | Оценочные мероприятия | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                       | <p>11. Дифференциальные уравнения в частных производных. Метод конечных разностей.</p> <p>12. Дифференциальные уравнения в частных производных. Представление частных производных в конечно-разностном виде.</p> <p>13. Учет границ неправильной конфигурации в методе конечных разностей для решения дифференциальных уравнений в частных производных.</p> <p>14. Численное интегрирование: постановка задачи, вопрос устойчивости задачи. Классификация методов.</p> <p>15. Численное интегрирование: Метод прямоугольников, трапеций, Симпсона. Оценка погрешности методов.</p> <p>16. Численное интегрирование: Метод трапеций.</p> <p>17. Численное интегрирование: составная квадратурная формула интерполяционного типа.</p> <p>18. Задача оптимизации. Классификация. Локальный и глобальный минимум. Стационарная точка. Седловая точка.</p> <p>19. Задача оптимизации. Выпуклые функции. Унимодальность функции.</p> <p>20. Численные методы безусловной оптимизации. Метод золотого сечения.</p> <p>21. Методы градиентного и наискорейшего спуска: формула построения релаксационной последовательности, пояснить работу методов.</p> <p>22. Методы координатного спуска и Зейделя: формула построения релаксационной последовательности, пояснить работу методов.</p> <p>23. Метод и цель моделирования. Классификация моделей. Классификация математических моделей. Применение математического моделирования в области управления технологическими процессами.</p> <p>24. Классификация переменных и параметров. Аналитическое построение математической модели. Основные группы уравнений.</p> <p>25. Этапы построения математической модели. Материальный и тепловой баланс на примере реактора идеального смешения.</p> <p>26. Типовые модели потоков. Модель идеального перемешивания (смещения).</p> <p>27. Модель идеального вытеснения.</p> <p>28. Диффузионная модель.</p> <p>29. Ячеечная модель.</p> <p>30. Рециркуляционная модель (с обратными потоками).</p> <p>31. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Классификация задач. Численные методы решения задачи Коши (классификация). Основные методы решения краевой задачи.</p> <p>32. Задача Коши. Метод Эйлера: вывод формулы, недостатки, геометрический смысл, связь с</p> |



|  | Оценочные мероприятия | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                       | <p>численным интегрированием.</p> <p>33. Задача Коши. Модифицированный метод Эйлера (явная и неявная): вывод формулы, геометрический смысл, связь с численным интегрированием.</p> <p>34. Задача Коши. Метод Рунге-Кутты: формула, пример реализации. Общие свойства одношаговых методов.</p> <p>35. Задача Коши. Многошаговые методы: метод Адамса.</p> <p>36. Задача Коши. Методы прогноза и коррекции: метод Эйлера с итерациями.</p> <p>37. Задача Коши. Методы прогноза и коррекции: метод Милна.</p> <p>38. Краевая задача. Типы граничных условий. Классификация методов решения.</p> <p>39. Краевая задача. Метод стрельб.</p> <p>40. Метод конечных разностей.</p> |

#### 5. Методические указания по процедуре оценивания

|    | Оценочные мероприятия      | Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Защита лабораторной работы | <p>Защита выполненной лабораторной работы осуществляется в устной форме. Преподаватель проводит оценивание на основании письменного отчета по лабораторной работе, а также ответов на заданные вопросы.</p> <p>По результатам защиты студент получает баллы, которые складываются их составляющих:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение индивидуального задания по лабораторной работе в полном объеме;</li> <li>– четкость и техническая правильность оформления отчета;</li> <li>– уровень подготовки при защите, т.е. успешные ответы на заданные вопросы;</li> <li>– срок сдачи отчета.</li> </ul>                                                                                                                                                 |
| 2. | Экзамен                    | <p>Экзамен по дисциплине проводится по расписанию сессии в письменной форме по билетам. Билет содержит 3 теоретических вопроса. Время выполнения 2 часа.</p> <p>Требование к экзамену – дать развернутые ответы на поставленные вопросы в билете.</p> <p>По завершению письменного экзамена преподаватель проводит собеседование с каждым студентом.</p> <p>Проверка способности студента осуществляется на основании ответов на билет и заданных дополнительных вопросов.</p> <p>Преподаватель оценивает ответы на вопросы билета в соответствии с критериями в п.3. (Шкала для оценочных мероприятий экзамена).</p> <p>Объявление результатов производится в день экзамена. Результаты аттестации заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента.</p> |

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ**  
**2020 / 2021 учебный год**

| ОЦЕНКИ                             |   |                 | Дисциплина<br><i>«Математическое моделирование»</i><br><br>по направлению <i>14.05.04 Электроника и автоматика физических установок</i> | Лекции                   | 32 | час.        |
|------------------------------------|---|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|-------------|
| «Отлично»                          | A | 90 - 100 баллов |                                                                                                                                         | Практ. занятия           | -  | час.        |
|                                    | B | 80 – 89 баллов  |                                                                                                                                         | Лаб. занятия             | 16 | час.        |
| «Хорошо»                           | C | 70 – 79 баллов  |                                                                                                                                         | <b>Всего ауд. работа</b> | 48 | <b>час.</b> |
|                                    | D | 65 – 69 баллов  |                                                                                                                                         | CPC                      | 24 | час.        |
| «Удовл.»                           | E | 55 – 64 баллов  |                                                                                                                                         | <b>ИТОГО</b>             | 72 | <b>час.</b> |
|                                    | F | 0 - 54 баллов   |                                                                                                                                         |                          | 2  | <b>з.е.</b> |
| Зачтено                            | P | 55 - 100 баллов |                                                                                                                                         |                          |    |             |
| Неудовлетворительно /<br>незачтено | F | 0 - 54 баллов   |                                                                                                                                         |                          |    |             |

**Результаты обучения по дисциплине:**

|     |                                                                                                                                                                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| РД1 | Знать численные методы различных задач и владеть средой моделирования MATLAB/Simulink.                                                                                                                        |
| РД2 | Владеть методами математического анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов (MATLAB/Simulink). |
| РД3 | Уметь разрабатывать математические модели процессов и аппаратов как объектов управления.                                                                                                                      |

**Оценочные мероприятия:**

| Оценочные мероприятия    |                                      | Кол-во | Баллы      |
|--------------------------|--------------------------------------|--------|------------|
| <b>Текущий контроль:</b> |                                      |        |            |
| <b>П</b>                 | Посещение занятий                    | 16     | 32         |
| <b>ТК1</b>               | Защита отчета по лабораторной работе | 4      | 68         |
| <b>ИТОГО</b>             |                                      |        | <b>100</b> |

**Электронный образовательный ресурс (при наличии):**

| Учебная деятельность /<br>оценочные мероприятия |  | Кол-во | Баллы |
|-------------------------------------------------|--|--------|-------|
|                                                 |  |        |       |
|                                                 |  |        |       |
|                                                 |  |        |       |
| <b>ИТОГО</b>                                    |  |        |       |

**Дополнительные баллы**

| Учебная деятельность /<br>оценочные мероприятия |                            | Кол-во | Баллы     |
|-------------------------------------------------|----------------------------|--------|-----------|
| <b>ДП1</b>                                      | Реферат                    | 1      | 5         |
| <b>ДП2</b>                                      | Выступление на конференции | 1      | 5         |
| <b>ДП3</b>                                      | Публикация                 | 1      | 5         |
| <b>ИТОГО</b>                                    |                            |        | <b>15</b> |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
| 1      | 2                  | 3                                | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5            | 6    | 7                     | 8             | 9                          | 10               | 11            |
| 24     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 1. Введение в MATLAB. Интерфейс программы. Язык MATLAB. Константы и переменные. Типы данных: скалярные, символьные, дата, время. Операторы цикла и условного перехода. Редактор MATLAB. Вектора, матрицы и массивы. Индексация в векторах. Создание векторов                                                     | 2            |      | П                     | 2             | ДОП 1                      |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                                                                                                        |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              | 1    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 25     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 2. Операции с массивами/матрицами. Основные стандартные функции MATLAB, математические и статистические функции. Импорт и экспорт данных. m-файлы сценариев (скриптов) и функций. Локальные и глобальные переменные. Анонимные функции, подфункции, вложенные функции. Использование дескрипторов и имен функций | 2            |      | П                     | 2             | ДОП 1                      |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Методы восстановления функции одной переменной.                                                                                                                                                                                                                                                  | 2            |      |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                                                                                                        |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              | 1    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 26     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 3. Основы графической визуализации вычислений. Построение двумерных графиков. Построение двумерных графиков. Форматирование графиков. Основы GUI.                                                                                                                                                                | 2            |      | П                     | 2             | ДОП 1                      |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                                                                                                        |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              | 1    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 27     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 4. Постановка задач аппроксимации, интерполяции и экстраполяции. Интерполяционный полином Лагранжа.                                                                                                                                                                                                              | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Методы восстановления функции одной переменной.                                                                                                                                                                                                                                                  | 2            |      |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                                                                                                        |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 28     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 5. Интерполяционный полином Ньютона. Формулы для интерполирования «вперед» и «назад». Конечные и разделенные разности.                                                                                                                                                                                           | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                                                                                                        |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2                   |                  |               |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                                                     | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                                                                                          | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                                                                                          |              |      |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 29     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 6. Интерполяция сплайнами. Интерполяционный кубический сплайн. Наилучшее среднеквадратическое приближение. Метод наименьших квадратов (МНК): общая постановка задачи, МНК со степенным базисом.                                   | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Методы восстановления функции одной переменной.                                                                                                                                                                   | 2            |      | ТК1                   | 17            | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                                                         |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                           |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 30     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 7. Интерполяция данных в MATLAB: interp1(), interp2(), interpn(), spline(). Аппроксимация данных в MATLAB: polyfit(), fit(). Подбор кривой заданного вида. Основы использования Curve Fitting Toolbox.                            | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                           |              | 1    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 31     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 8. Постановка и корректность задачи численного дифференцирования. Основные понятия теории разностных схем: сеточная функция, аппроксимация дифференциальных операторов, корректность разностных схем, аппроксимация и сходимость. | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 2. Численное дифференцирование                                                                                                                                                                                       | 2            |      | ТК1                   | 17            | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                                                           |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                                                         |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 32     |                    | РД1<br>РД2                       | <b>Конференц-неделя 1</b>                                                                                                                                                                                                                |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Всего по контрольной точке (аттестации) 1</b>                                                                                                                                                                                         | 24           | 12   |                       | 50            |                            |                  |               |
| 33     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 9. Вывод формул численного дифференцирования. Остаточные члены простейших формул численного дифференцирования.                                                                                                                    | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 3. Расчет стационарного профиля температуры в пластине методом конечных разностей.                                                                                                                                   | 2            |      |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                                                         |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                                                                  | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                       | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1,         |                  |               |
| 34     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 10. Остаточные члены простейших формул численного дифференцирования. Оптимизация шага численного дифференцирования при ограниченной точности значений функций. | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                      |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 35     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 11. Дифференциальные уравнения в частных производных. Метод конечных разностей.                                                                                | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 3. Расчет стационарного профиля температуры в пластине методом конечных разностей.                                                                | 2            |      | ТК1                   | 17            | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                      |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                      |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 36     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 12. Реализация символьного и численного дифференцирования в MATLAB.                                                                                            | 2            |      | П                     | 2             | ДОП 1                      |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                      |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 37     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 13. Задача численного интегрирования. Классификация методов численного интегрирования. Квадратурные формулы прямоугольников.                                   | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 4. Численное интегрирование таблично-заданной функции.                                                                                            | 2            |      |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                      |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                      |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 5, 10<br>ДОП 1         |                  |               |
| 38     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 14. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Составные квадратурные формулы трапеций и Симпсона.                                                                   | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                      |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                        |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                              | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                   | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
| 39     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 15. Соотношение между формулами прямоугольников, трапеций и Симпсона. Принцип Рунге практического оценивания погрешностей. | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 4. Численное интегрирование таблично-заданной функции.                                                        | 2            |      | ТК1                   | 17            | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                  |              |      |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                  |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                    |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 40     |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 16. Численное и символьное интегрирование в MATLAB.                                                                        | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                  |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                    |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 41     |                    | РД1<br>РД2                       | <b>Конференц-неделя 2</b>                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Всего по контрольной точке (аттестации) 2</b>                                                                                  | 48           | 24   |                       | 100           |                            |                  |               |
|        |                    |                                  |                                                                                                                                   |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Общий объем работы по дисциплине</b>                                                                                           | 48           | 24   |                       | 100           |                            |                  |               |

#### Информационное обеспечение:

| № (код) | Основная учебная литература (ОСН)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОСН 1   | Вержбицкий, Валентин Михайлович. Основы численных методов: учебник / В. М. Вержбицкий. — 3-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 841 с.: ил. — Текст : непосредственный                                                                                                                                                                                                                                       |
| ОСН 2   | Калиткин, Николай Николаевич. Численные методы: учебник в электронном формате. Кн. 1. Численный анализ / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — Москва: Академия, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. - URL: <a href="http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf">http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf</a> (дата обращения 12.03.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный. |
| ОСН 3   | Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. В. Голубева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 192 с.— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/76825">https://e.lanbook.com/book/76825</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.                          |
| № (код) | Дополнительная учебная литература (ДОП)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| № (код) | Название электронного ресурса (ЭР) | Адрес ресурса |
|---------|------------------------------------|---------------|
|         |                                    |               |
|         |                                    |               |
|         |                                    |               |
| № (код) | Видеоресурсы (ВР)                  | Адрес ресурса |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ДОП 1 | Квасов, Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: учебное пособие / Б.И. Квасов. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 328 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/71713">https://e.lanbook.com/book/71713</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                |
| ДОП 2 | Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 176 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/41014">https://e.lanbook.com/book/41014</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей                     |
| ДОП 3 | Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 292 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/103190">https://e.lanbook.com/book/103190</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Составил: Доцент Козин К.А.  
«31» августа 2020 г.

Согласовано:

Заведующий кафедрой - руководитель  
отделения на правах кафедры, д.т.н.



подпись

А.Г. Горюнов

«01» сентября 2020 г.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ**  
**2021 / 2022 учебный год**

| ОЦЕНКИ                             |   |                 | Дисциплина<br><i>«Математическое моделирование»</i><br><br>по направлению <i>14.05.04 Электроника и автоматика физических установок</i> | Лекции                   | 24         | час.        |
|------------------------------------|---|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|
| «Отлично»                          | A | 90 - 100 баллов |                                                                                                                                         | Практ. занятия           | -          | час.        |
|                                    | B | 80 – 89 баллов  |                                                                                                                                         | Лаб. занятия             | 48         | час.        |
| «Хорошо»                           | C | 70 – 79 баллов  |                                                                                                                                         | <b>Всего ауд. работа</b> | 72         | <b>час.</b> |
|                                    | D | 65 – 69 баллов  |                                                                                                                                         | CPC                      | 108        | час.        |
| «Удовл.»                           | E | 55 – 64 баллов  |                                                                                                                                         | <b>ИТОГО</b>             | <b>180</b> | <b>час.</b> |
|                                    | F | 55 - 100 баллов |                                                                                                                                         |                          | 5          | зе.         |
| Зачтено                            | P | 0 - 54 баллов   |                                                                                                                                         |                          |            |             |
| Неудовлетворительно /<br>незачтено | F |                 |                                                                                                                                         |                          |            |             |

**Результаты обучения по дисциплине:**

|     |                                                                                                                                                                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| РД1 | Знать численные методы различных задач и владеть средой моделирования MATLAB/Simulink.                                                                                                                        |
| РД2 | Владеть методами математического анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов (MATLAB/Simulink). |
| РД3 | Уметь разрабатывать математические модели процессов и аппаратов как объектов управления.                                                                                                                      |

**Оценочные мероприятия:**

| Оценочные мероприятия            |                                      | Кол-во | Баллы      |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------|------------|
| <b>Текущий контроль:</b>         |                                      |        | <b>80</b>  |
| <b>П</b>                         | Посещение занятий                    | 12     | 24         |
| <b>ТК1</b>                       | Защита отчета по лабораторной работе | 4      | 56         |
| <b>Промежуточная аттестация:</b> |                                      |        | <b>20</b>  |
| <b>ПА1</b>                       | Экзамен                              | 1      | 20         |
| <b>ИТОГО</b>                     |                                      |        | <b>100</b> |

**Электронный образовательный ресурс (при наличии):**

| Учебная деятельность /<br>оценочные мероприятия |  | Кол-во | Баллы |
|-------------------------------------------------|--|--------|-------|
|                                                 |  |        |       |
|                                                 |  |        |       |
|                                                 |  |        |       |
| <b>ИТОГО</b>                                    |  |        |       |

**Дополнительные баллы**

| Учебная деятельность /<br>оценочные мероприятия |                            | Кол-во | Баллы     |
|-------------------------------------------------|----------------------------|--------|-----------|
| <b>ДП1</b>                                      | Реферат                    | 1      | 5         |
| <b>ДП2</b>                                      | Выступление на конференции | 1      | 5         |
| <b>ДП3</b>                                      | Публикация                 | 1      | 5         |
| <b>ИТОГО</b>                                    |                            |        | <b>15</b> |



| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                                                     | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
| 1      | 2                  | 3                                | 4                                                                                                                                                                                                   | 5            | 6    | 7                     | 8             | 9                          | 10               | 11            |
| 1      |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 1. Постановка задачи оптимизации. Выпуклость и унимодальность. Экстремум и особая точка. Численные методы первого порядка безусловной оптимизации функции многих переменных и их общая схема | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата.                                                                                                         | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-34          |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                    |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                    |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                      |              | 3    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 2      |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 2. Метод градиентного спуска с постоянным и дробным шагом. Метод наискорейшего спуска                                                                                                        | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата.                                                                                                         | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                    |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                      |              | 3    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                    |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
| 3      |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 3. Метод координатного спуска и метод Гаусса-Зейделя. Стандартные функции решения задачи оптимизации в MATLAB.                                                                               | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата.                                                                                                         | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                    |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                    |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                      |              | 3    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 4      |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 4. Введение и общие положения. Виды моделирования и классификация математических моделей                                                                                                     | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата.                                                                                                         | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                                                    |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                                                    |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 3-4           |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                                                      |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                                                                     | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                          | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
| 5      |                    | РД1<br>РД2                       | Лекция 5. Источники и классификация погрешностей математического моделирования.                                                                                          | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата.                                                                              | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                         |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                           |              | 3    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 2-3         |                  |               |
| 6      |                    | РД1<br>РД2<br>РД3                | Лекция 6. Аналитический метод построения моделей технологических объектов. Типовые модели гидродинамики: идеальное смешение, вытеснение, ячеечная и диффузионная модель. | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 1. Разработка аналитического описания модели технологического аппарата.                                                                              | 2            |      | ТК1                   | 14            | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                         |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                           |              | 3    |                       |               | ДОП 1-3                    |                  |               |
| 7      |                    | РД1<br>РД2<br>РД3                | Лекция 7. Математическое описание физико-химических процессов в технологических аппаратах. Реактор идеального смешения.                                                  | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 3                      |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 2. Моделирование технологического аппарата в MATLAB.                                                                                                 | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                         |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                           |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
| 8      |                    | РД1<br>РД2<br>РД3                | Лекция 8. Задача Коши. Классификация приближенных методов. Метод изоклин. Метод последовательных приближений. Метод Эйлера – различные подходы к построению.             | 2            |      | П                     | 2             | ДОП 1-3                    |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 2. Моделирование технологического аппарата в MATLAB.                                                                                                 | 2            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                         |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                           |              | 3    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                         |              | 3    |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
| 9      |                    | РД1<br>РД2                       | Конференц-неделя 1                                                                                                                                                       |              |      |                       |               |                            |                  |               |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                                                                                                        | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                                                                                             | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
|        |                    | РДЗ                              |                                                                                                                                                                             |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Всего по контрольной точке (аттестации) 1</b>                                                                                                                            | 32           | 48   |                       | <b>30</b>     |                            |                  |               |
| 10     |                    | РД1<br>РД2<br>РДЗ                | Лекция 9. Модификации метода Эйлера, явная неявная схема. Семейство методов Рунге-Кутты. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Пошаговый контроль точности методом Кутты-Мерсона. | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 12         |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 2. Моделирование технологического аппарата в MATLAB.                                                                                                    | 4            |      |                       |               | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                            |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                            |              | 6    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                              |              | 2    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1-3        |                  |               |
| 11     |                    | РД1<br>РД2<br>РД№                | Лабораторная работа 2. Моделирование технологического аппарата в MATLAB.                                                                                                    | 4            |      | ТК1                   | 14            | ОСН 3<br>ДОП 2-3           |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                            |              | 6    |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                              |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1, 2       |                  |               |
| 12     |                    | РД1<br>РД2<br>РДЗ                | Лекция 10. Многошаговые методы Адамса. Методы прогноза и коррекции. Метод Милна.                                                                                            | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1, 2<br>ДОП 1, 2       |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 3. Исследование точности вычисления модели технологического аппарата в зависимости от метода и шага решения.                                            | 4            |      |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                            |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                            |              | 6    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                              |              | 2    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1          |                  |               |
| 13     |                    | РД1<br>РД2<br>РДЗ                | Лабораторная работа 3. Исследование точности вычисления модели технологического аппарата в зависимости от метода и шага решения.                                            | 4            |      |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                            |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                            |              | 6    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                                                                                              |              | 1    |                       |               | ДОП 1                      |                  |               |
| 14     |                    | РД1<br>РД2<br>РЛЗ                | Лекция 11. Краевая задача. Метод конечных разностей (МКР). Метод «стрельб».                                                                                                 | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1-2<br>ДОП 1,          |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 3. Исследование точности вычисления модели технологического аппарата в зависимости от метода и шага решения.                                            | 4            |      | ТК1                   | 14            | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                                                                                            |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                                                                                            |              | 6    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |

| Неделя | Дата начала недели | Результат обучения по дисциплине | Учебная деятельность                                                                            | Кол-во часов |      | Оценочное мероприятие | Кол-во баллов | Информационное обеспечение |                  |               |
|--------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-----------------------|---------------|----------------------------|------------------|---------------|
|        |                    |                                  |                                                                                                 | Ауд.         | Сам. |                       |               | Учебная литература         | Интернет-ресурсы | Видео-ресурсы |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                  |              | 2    |                       |               | ОСН 1-2<br>ДОП 1, 2        |                  |               |
| 15     |                    | РД1<br>РД2<br>РД3                | Лабораторная работа 4. Реализация модели технологического аппарата в Simulink/MATLAB.           | 4            |      |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                |              | 6    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1, 2       |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                  |              | 1    |                       |               | ОСН 1, 2<br>ДОП 1, 2       |                  |               |
| 16     |                    | РД1<br>РД2<br>РД3                | Лекция 12. Проблема численной устойчивости. Методы решения дифференциальных уравнений в MATLAB. | 2            |      | П                     | 2             | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Лабораторная работа 4. Реализация модели технологического аппарата в Simulink/MATLAB.           | 4            |      |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                |              | 6    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                  |              | 2    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
| 17     |                    | РД1<br>РД2<br>РД3                | Лабораторная работа 4. Реализация модели технологического аппарата в Simulink/MATLAB.           | 4            |      | ТК1                   | 14            | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Выполнение мероприятий в рамках самостоятельной работы студента:                                |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | Подготовка к лабораторной работе                                                                |              | 6    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
|        |                    |                                  | Работа с лекционным материалом                                                                  |              | 1    |                       |               | ОСН 1-3<br>ДОП 1-3         |                  |               |
| 18     |                    |                                  | <b>Конференц-неделя 2</b>                                                                       |              |      |                       |               |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Всего по контрольной точке (аттестации) 2</b>                                                | 72           | 108  |                       | 80            |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Экзамен</b>                                                                                  |              |      |                       | 20            |                            |                  |               |
|        |                    |                                  | <b>Общий объем работы по дисциплине</b>                                                         | 72           | 108  |                       | 100           |                            |                  |               |

**Информационное обеспечение:**

| № (код) | Основная учебная литература (ОСН)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОСН 1   | Вержбицкий, Валентин Михайлович. Основы численных методов: учебник / В. М. Вержбицкий. — 3-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 841 с.: ил. — Текст : непосредственный                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ОСН 2   | Калиткин, Николай Николаевич. Численные методы: учебник в электронном формате. Кн. 1. Численный анализ / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — Москва: Академия, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. - URL: <a href="http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf">http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-11.pdf</a> (дата обращения 12.03.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.           |
| ОСН 3   | Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. В. Голубева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 192 с.— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/76825">https://e.lanbook.com/book/76825</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.                                    |
| № (код) | Дополнительная учебная литература (ДОП)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ДОП 1   | Квасов, Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: учебное пособие / Б.И. Квасов. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 328 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/71713">https://e.lanbook.com/book/71713</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                |
| ДОП 2   | Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 176 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/41014">https://e.lanbook.com/book/41014</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей                     |
| ДОП 3   | Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 292 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/103190">https://e.lanbook.com/book/103190</a> (дата обращения: 03.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей |

| № (код) | Название электронного ресурса (ЭР) | Адрес ресурса |
|---------|------------------------------------|---------------|
|         |                                    |               |
|         |                                    |               |
|         |                                    |               |
| № (код) | Видеоресурсы (ВР)                  | Адрес ресурса |
|         |                                    |               |
|         |                                    |               |
|         |                                    |               |

Составил: Доцент Козин К.А.

«31» августа 2020 г.

Согласовано:

Заведующий кафедрой - руководитель  
отделения на правах кафедры, д.т.н.


подпись

А.Г. Горюнов

«01» сентября 2020 г.